MINISTERUL METALURGIEI ȘI INDUSTRIEI CHIMICE

ELECTRICITATEA ȘI APLICAȚIILE EI

MANUAL PENTRU ȘCOLI PROFESIONALE



EDITURA TEHNICĂ

MINISTERUL METALURGIEI ŞI INDUSTRIEI CHIMICE

ELECTRICITATEA
ŞI
APLICAŢIILE EI

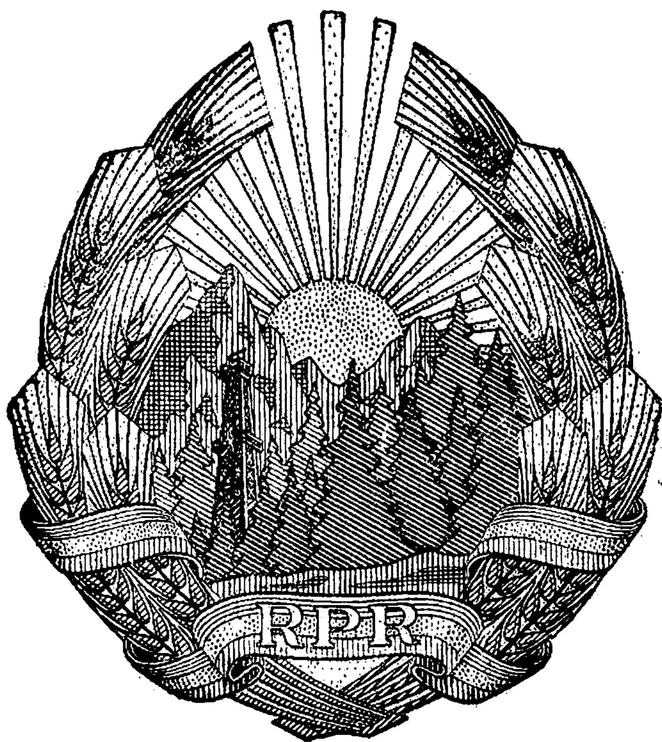
MANUAL PENTRU ŞCOLI PROFESIONALE

EDITURA  TEHNICĂ

1950

Clasificarea Internațională 821.3.
Clasificarea E. P. D. 43.

Tip. „Universul", dat în lucru 16. 09. 50, bun de tipar 20. 11. 50. hârtie cărți școlare 610×860-16, tiraj 30 000+260, greutate 450 g, coale de tipar 26,50, coale de editură 25,75.



STEMA REPUBLICII POPULARE ROMANE

PREFAȚA

„In fața noastră stă sarcina măreață de a pune stăpânire pe milioanele de cai-putere, care se irosesc în apele noastre, pe milioanele de cai-putere, care zac în subsolul țării noastre ca să-i folosim pentru ridicarea industriei, agriculturii și transporturilor, pentru propășirea și înflorirea patriei noastre" — Gh. Gheorghiu-Dej : „Raport la ședința plenară a CC al PMR asupra planului de electrificare a țării. 26 Octombrie 1950."

Electricitatea constitue astăzi un factor de bază în desvoltarea industriei, în ridicarea nivelului de trai al oamenilor.

Dar producția de energie electrică nu se poate desvolta pe deplin, nu poate fi pusă la îndemâna tuturor într'o țară capitalistă.

Pentrucă burghezia nu poate să stăpânească și nici nu dorește să desvolte această forță nemărginită care — ca orice sursă de energie — contribue la progresul tehnic, la rezolvarea contradicțiilor sociale și deci la pieirea capitalismului.

De aceea, regimul capitalist din tara noastră a valorificat numai o parte neînsemnată a resurselor energetice ale țării.

Astăzi însă, când lanțurile înapoierii și întunericului au fost sfărâmate, poporul muncitor se găsește în fața unor perspective nelimitate pentru desvoltarea forțelor de producție. Se creiază necesități și posibilități uriașe de fabricare a resurselor energetice.

In 1920, îndeplinind sarcina trasată de Vladimir Ilici Lenin, Uniunea Sovietică a pornit la înfăptuirea primului plan socialist de electrificare pe scară națională.

Noile hidroelectrice gigantice de pe Volga și Nipru care constitue exemple mărețe ale construirii comunismului vor permite Țării Sovietelor să desăvârșească mecanizarea agriculturii,

automatizarea proceselor industriale și a muncilor grele, realizarea planului stalinist de transformare a naturii.

Urmând exemplul Uniunii Sovietice, țara noastră a pășit sub îndrumarea P. M. R., pe drumul construirii socialismului.

Planul de electrificare a țării constitue astăzi o etapă importantă a acestui drum.

In cadrul planului de electrificare pe 10 ani, s'a stabilit instalarea și punerea în funcțiune de centrale electrice, precum și desvoltarea celor existente, astfel ca în 1960 puterea instalată a țării să fie de 2.600.000 kW.

Din acest plan, la capătul primului cincinal vom avea unități noi de aproximativ un milion kW.

Pentru realizarea acestui plan sunt necesare numeroase cadre tehnice bine pregătite. Manualul de față, care folosește drept model de orientare pentru partea teoretică, manualul de fizică scris de autorii sovietici A. Bacinski și S. Iliascenko (Gostehizdat 1947) este menit să inițieze elevii școlilor profesionale în toate ramurile de aplicație a electricității, acest domeniu al tehnicii de atât de deosebită însemnătate pentru construirea socialismului.

Planul lucrării, cu totul diferit de cele precedente conține pe lângă partea teoretică o parte aplicativă, care descrie numeroase experiențe și aplicații practice pe înțelesul tuturor și de interes general.

Elaborat din inițiativa Ministerului Metalurgiei și Industriei Chimice, manualul constitue astfel un curs general care îmbrățișează tot domeniul electricității ca parte a fizicii.

PARTEA I

BAZELE ELECTRICITĂȚII

I. INTRODUCERE

1. **Stăpânirea forțelor naturii.** Numele de electricitate ne este cunoscut tuturor. Fiecare dintre noi ne folosim de electricitate.

Străzile sunt luminate cu lămpi electrice, tramvaiele merg cu ajutorul motorului electric, în fabrici motoarele se învârtesc prin curent electric, auzim radio prin unde electrice, la telefon vorbim cu ajutorul curenților electrici, și așa mai departe.

Ar trebui să facem o listă foarte lungă de toate împrejurările în care se întrebuințează electricitatea.

Viața la orașe, ca și la sate, în regim socialist, nu se poate închipui fără electricitate.

Mult timp omul s'a folosit numai de forța lui fizică. Puterea unui om reprezintă însă abia a 12-a parte din aceea a unui cal. Cât de puțin putea să realizeze cu ea!

Dacă ne-am închipui că toate uzinele electrice de astăzi din țara noastră ar fi mișcate prin forța fizică a oamenilor, ar trebui vreo 10 milioane de inși, adică aproape 2/3 din populație pentru a înlocui motoarele existente.

Ca să-și sporească puterea, oamenii au domesticit unele animale sălbatice care au o forță fizică mai mare.

Mai târziu au descoperit meșteșugul de a întrebuința în mori și în mici ateliere forțele naturale: puterea vântului și a apei curgătoare.

Spre sfârșitul secolului al XVII-lea s'a descoperit puterea aburului, ceea ce a dus la construirea motoarelor cu aburi, primele mașini mai puternice care au venit în ajutorul omului, în munca lui.

Folosirea acestor motoare a înlesnit sporirea producției de

bunuri, a permis deplasarea și transportul oamenilor și al mărfurilor mult mai repede, pe uscat cu trenul, pe mare cu vaporul.

Infiinţarea fabricilor de tot felul nu a luat avânt decât după ce oamenii au învăţat să folosească puterea aburilor. In a doua jumătate a secolului al XIX-lea s'au descoperit multiple aplicaţii ale electricităţii. Urmările introducerii electricităţii, însă, sunt mult mai însemnate, şi le vom arăta la sfârşitul acestei cărţi.

2. **Cunoştinţele mai vechi despre electricitate.** Despre electricitate se ştiu unele lucruri din vechime.

O bucată de chihlibar frecată atrage mici bucăţele de hârtie. S'a crezut multă vreme că aceasta este o însuşire numai a chihlibarului, numit de Grecii antici „electron" (filosoful Thales din Milet, care a trăit între anii 640—546 înainte de epoca noastră, a notat primul această însuşire).

Mult mai târziu, s'a constatat însă că şi alte corpuri ca: ceara roşie, ebonitul, sticla, prin frecare, capătă proprietatea să atragă mici bucăţi de hârtie. S'a spus despre ele că se *electrizează*, adică se poartă la fel ca şi chihlibarul (electron-electrizare). De aici se trage numele electricităţii. Astăzi este stabilit că, prin frecare, această stare de electrizare apare în multe împrejurări şi că între corpurile electrizate se produc chiar mici scântei.

Şi noi putem observa că părul bine uscat, pieptenat repede, se electrizează, ceea ce se constată din sbârlirea lui şi din micile scântei, care se pot vedea la întuneric.

Pe baza fenomenului de frecare, s'a şi construit, în secolul XVII, o primă maşină electrică, compusă dintr'un glob de sulf (pucioasă), care, învârtit şi frecat cu mâna, produce scântei electrice. Multe altele s'au construit apoi în decursul timpului.

Fulgerele din timpul ploilor se aseamănă cu scânteile electrice şi în secolul XVIII s'au făcut primele experienţe, care au dovedit că ele erau într'adevăr scântei electrice. Savantul rus M. V. Lomonosov a stabilit la 1753 teoria electricităţii atmosferice.

In felul acesta s'au putut doborî multe superstiţii.

Cu cercetările acestea, însă, nu se trecuse încă la cunoaşterea mai adâncă a electricităţii şi la aplicaţiile ei.

Spre sfârşitul secolului al XVIII-lea, în urma experienţelor şi studiilor profesorului de anatomie Aloisio Galvani şi ale fizicianului Alessandro Volta, s'a ajuns la descoperirea produ-

cerii curentului electric, cu ajutorul *pilei*, formată din două bastonașe de metale diferite, aramă și zinc, cufundate într'un borcan de sticlă umplut cu o soluție de vitriol[1]), sau cu alte substanțe chimice potrivite.

Astfel, la începutul secolului al XIX-lea, a apărut prima sursă electrică, care putea să producă un curent mai important și de lungă durată. Pila a fost numită și *element galvanic* sau *voltaic* în cinstea celor doi descoperitori.

Cu ajutorul acestei surse de curent, s'au întreprins numeroase experiențe, astfel că s'au studiat în vreo 30 de ani mai toate fenomenele electrice și s'au stabilit legile importante ale curentului electric.

După ce s'au cunoscut aceste legi, s'au perfecționat și inventat noi mijloace mai puternice pentru producerea curentului electric și pentru folosirea lui, pe care le vom învăța și noi.

In felul acesta, prin munca lor stăruitoare, oamenii de știință au reușit să smulgă naturii secretele electricității, să învețe să o folosească și să o stăpânească.

3. **Experiențele ne vor învăța să cunoaștem fenomenele electrice și legile electricității.** Trebue să recunoașteți că, deschizând această carte, cunoștințele voastre asupra fenomenelor electrice nu sunt mai întinse decât acelea dela începutul secolului al XIX-lea, deci cu vreo 150 de ani în urmă. Cum am putea să ne folosim de electricitate, dacă nu-i cunoaștem proprietățile!

Să străbatem și noi același drum ca și oamenii de știință ca să cunoaștem fenomenele electrice și legile electricității, ceea ce vom face în prima parte a cărții, și apoi cu ajutorul lor să ne explicăm aplicațiile ei, pe care le vom găsi în partea a doua a cărții.

Cunoștințele asupra lucrurilor ce ne înconjoară le dobândim prin observații și experiențe făcute de noi sau de alții.

Să nu mai întârziem deci și să începem experiențele pentru cunoașterea fenomenelor electrice. Dar, în acest scop, ne trebue câteva aparate și materiale care pot fi lesne la îndemâna oricui.

Ne vom folosi de generatorul de curent electric cel mai simplu: *elementul galvanic* sau *voltaic* descris mai sus.

---

1) Acid sulfuric.

Capetele bastonaşelor ies afară şi sunt prevăzute cu *borne* sau *cleme* de care se pot lega sârme.

Diverse elemente galvanice se găsesc folosite la sonerii, telefoane, etc.

Mai târziu vom afla mai amănunţit cum sunt construite şi cum funcţionează. Deocamdată le vom întrebuinţa pentru a produce un curent electric şi pentru a studia fenomenele electrice.

Ne vom folosi de sârme de metal, de obiceiu de aramă, izolate, adică învelite cu cauciuc şi cu fire de bumbac, sau neizolate. Aceste sârme le vom numi şi *conducte electrice.*

Apoi vom întrebuinţa întrerupătoare, magneţi, becuri electrice. Ne mai este necesară o busolă. Ea se compune dintr'o cutie acoperită cu sticlă, având în interior un mic magnet, în forma unui romb alungit, numit „ac magnetic", aşezat pe un picior Acul magnetic are un capăt de coloare închisă (albastră) care arată întotdeauna direcţia Nordului.

Iată deci cât de simplu este primul *laborator de electricitate*

II. CURENTUL ELECTRIC

4. **Experienţe pentru cunoaşterea fenomenelor electrice.** Să luăm o pilă galvanică şi să facem câteva experienţe:

a) Legăm la cele două borne (cleme) ale ei o sârmă foarte subţire de metal şi un întrerupător.

Inchidem întrerupătorul: vom constata după puţin timp că sârma se încălzeşte şi se înroşeşte. Deschidem întrerupătorul: sârma se răceşte, revenind la starea pe care o avea la început.

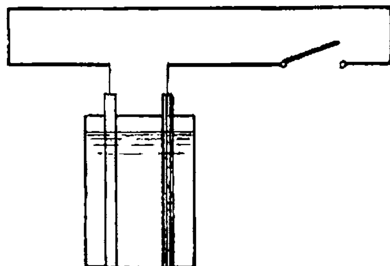


Fig. 1. — Curentul electric încălzeşte sârma

b) Luăm o busolă, al cărui ac ştim că este continuu îndreptat cu vârful albastru spre Nord, şi apropiem de ea sârma

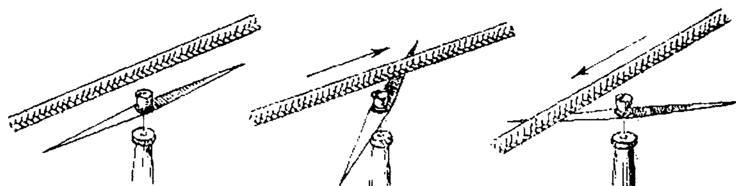


Fig 2. — Curentul electric deviază un ac magnetic

legată la bornele pilei. Inchidem întrerupătorul: vom observa că acul se mişcă din poziţia pe care o avea mai înainte şi ia altă direcţie.

Deschidem întrerupătorul: acul busolei revine în poziția dela început, adică cu vârful albastru spre Nord.

Să inversăm legăturile sârmei la bornele pilei și vom observa că acul busolei deviază în sens opus.

c) Pe o bară de fier facem o bobină de sârmă subțire izolată și legăm capetele ei la bornele pilei. Apropiem mici bucățele de fier și vom constata că sunt atrase de capetele fierului. Deci acesta a devenit magnet.

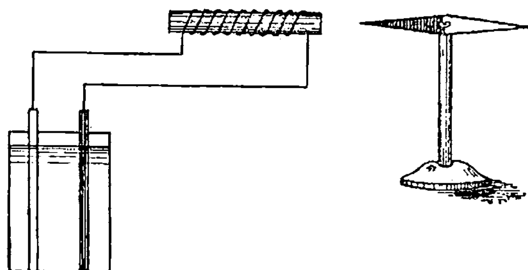


Fig. 3. —Bobina atrage acul magnetic

Cu ajutorul unei busole vom constata că unul din capete atrage vârful albastru al acului, iar altul îl respinge.

Dacă inversăm legăturile bobinei la bornele pilei, se inversează și acțiunea de atracție și respingere, adică vârful albastru al acului magnetic nu va mai fi atras de același capăt al fierului, ci de celălalt.

d) Luăm un magnet în formă de potcoavă și-l fixăm cum se arată în fig 4. Atârnăm apoi între ramurile magnetului o sârmă subțire și îi legăm capetele la bornele pilei.

Inchidem întrerupătorul: sârma este deviată în direcția săgeții. Inversăm legăturile la bornele pilei, sârma este deviată în sens opus.

e) Luăm un vas de sticlă, în care punem apă și disolvăm sulfat de cupru (piatră vânătă).

Introducem apoi două plăci de plumb pe care le legăm la bornele pilei[1]).

---

1) La bornele unei pile compusă din mai multe elemente și de care s'a vorbit mai înainte.

Inchidem întrerupătorul: vom constata ,după câtva timp, că pe una din plăci se depune un strat subţire de cupru.

Aceasta dovedeşte că sulfatul de cupru s'a descompus, iar cuprul din el s'a aşezat pe una din plăcile de plumb.

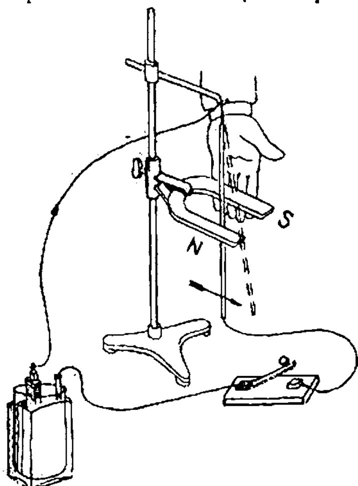


Fig. 4. — Magnetul deviază curentul electric

Deschidem întrerupătorul: depunerea încetează.

Să inversăm legăturile la bornele pilei; cuprul se depune pe cealaltă placă.

Fenomenul se numeşte *electroliză.*

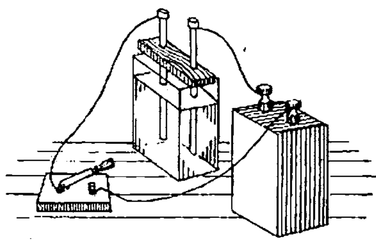


Fig. 5. — Electroliza sulfatului de cupru

Acest aparat simplu se numeşte *voltametru*, iar cele două plăci se numesc *electrozi.*

Iată deci mai multe fapte provocate de pila noastră.

Deoarece nu se poate produce niciun fapt (sau fenomen) fără o cauză, să cercetăm care este acea cauză.

Pila trimite în sârma de legătură (şi în voltametru) un curent electric.

Noi nu avem organe cu care să simţim direct curentul electric, aşa după cum simţim: lumina, cu ochii; sgomotul, cu urechile; forma corpurilor, prin pipăit; mirosul sau gustul corpurilor, cu nasul sau cu limba.

Dar curentul electric, deşi nu se poate vedea şi nici pipăi, produce efecte, dovedite prin experienţele de mai sus, şi, din cunoaşterea lor, deducem existenţa curentului şi proprietăţile lui.

5. **Efectele curentului.** Efectele principale ale curentului electric sunt acelea pe care le-am constatat:

— Curentul încălzeşte sârma de legătură.

Pe scurt, acesta se numeşte: *efect caloric* (sau termic).

— Curentul deviază acul magnetic al busolei; o bobină de sârmă izolată, cu inimă de fier, străbătută de curent, atrage bucăţele de fier; sârma străbătută de curent este deviată de un magnet.

Pe scurt, numim acestea: *efecte magnetice.*

— Curentul produce descompuneri chimice.

Pe scurt, numim acesta: *efect chimic.*

Toate fenomenele înşirate le vom studia amănunţit mai departe şi vom arăta ce foloase putem trage din ele.

6. **Circuitul electric.** In toate experienţele arătate mai sus, am constatat existenţa curentului, prin efectele lui, atâta timp cât dela o bornă (clemă) a sursei de curent (pilă) până la cealaltă bornă este o cale neîntreruptă.

Această cale, pe care o numim *circuit electric,* este sârma de metal sau sârma de metal împreună cu electrozii şi soluţia de sulfat de cupru.



Fig. 6. — Circulaţia nu este posibilă pe un drum întrerupt; tot aşa curentul nu poate trece printr'un circuit întrerupt

Dacă o întrerupem, curentul încetează, căci nu mai observăm efectele lui.

Deci: *curentul electric se produce numai într'un circuit în-*

chis. Drumul curentului, în interiorul sursei de curent, se numeşte porţiunea internă sau interioară a circuitului, iar drumul curentului, în afara sursei, se numeşte porţiunea exterioară a curentului.

Am mai observat că unele efecte îşi schimbă sensul dacă inversăm legăturile la sursă (pilă). In acest caz, acul busolei deviază în sens opus: polul Nord al bobinei de sârmă devine pol Sud iar depunerea de cupru se face pe placa cealaltă.

Aceste fapte ne arată că, într'un circuit electric, curentul circulă sau într'un sens, sau într'altul invers.

Sensul îl putem stabili tot cu voltametrul: electrodul pe care se depune cuprul este cel spre care vine curentul şi îl notăm cu semnul — (minus).

Electrodul dela care vine curentul îl notăm cu semnul + (plus).

Borna pilei legată la electrodul pozitiv (cel cu semnul +) este şi ea pozitivă, iar cea legată la electrodul negativ (cel cu semnul —) este şi ea negativă.

Deci: *în circuitul exterior al unei surse de curent electric sensul curentului este dela borna + la borna —.*

Pila produce un curent care totdeauna are sensul dela aceeaşi bornă spre cealaltă. Deci una din borne este totdeauna pozitivă, iar cealaltă negativă, în circuitul exterior. *Acesta este un curent continuu.*

Vom arăta mai departe că sunt maşini la care bornele îşi schimbă necontenit semnul, alternând plus cu minus.

Curentul îşi schimbă şi el, mereu, sensul. *Acesta este un curent alternativ.*

Cel mai simplu circuit de care ne-am folosit până acum se compune dintr'o *sursă de curent* (pilă) şi *calea de conducere a curentului* (sârma) numită, pe scurt, *conductor.*

Inafară de pile sunt în electricitate şi alte surse: *acumulatoarele,* dar, mai ales, *maşinile generatoare de curent electric.* Ele sunt mijlocul cel mai important pentru producerea curentului electric.

Luminatul electric în clădiri şi pe stradă precum şi mişcarea motoarelor electrice este datorită maşinilor generatoare de curent, instalate în centrale electrice.

Şi ele fac parte dintr'un circuit electric. Deci, în asemenea circuite, pe lângă părţile mai sus arătate, sursă şi conductor,

mai avem și aparate, lămpi sau electromotoare care primesc curentul electric și, datorită lui, produc un efect folositor. Vom denumi aceste aparate: *receptoare* de curent electric.

Să examinăm prin ce se caracterizează *sursa de curent, curentul* și *conductorul cu receptoarele.*

Până ce vom învăța și despre alte surse de curent electric ne vom folosi numai de pila galvanică, dar legile ce vom stabili sunt bune pentru toate cazurile.

7. **Intensitatea curentului.** Să facem mai multe montaje de circuite simple, așa cum arată fig. 7, compuse din: pilă, o sârmă și voltametru.

In cazul *a* este o singură pilă, în cazul *b* sunt două, iar în cazul *c* sunt trei pile de același fel și mărime. Sârmele folosite sunt din același metal, au aceeași grosime și lungime.

Să închidem întrerupătoarele și să socotim timpul cu ajutorul unui ceas. După un interval de o oră, întrerupem curentul și cântărim cantitatea de cupru depusă pe electrodul negativ al fiecărui voltametru.

In cazul *c* găsim o cantitate de trei ori mai mare, iar în cazul *b* de două ori mai mare decât în cazul *a*.

Curentul electric se poate asemăna cu un curent de apă, de exemplu, cu un râu de munte. Deseori un asemenea râu servește pentru a transporta lemne, ceea ce unii dintre noi am văzut. Râul aduce cu atât mai multe lemne cu cât cantitatea de apă ce se scurge într'o secundă este mai mare.

Tot astfel și în experiența noastră. Faptul că în cazul *b* curentul a adus mai mult cupru decât în cazul *a*, iar în cazul *c* a adus și mai mult, dovedește că avem curenți mai mari în aceste cazuri decât în cazul *a*.

Deci, într'un circuit, curentul poate fi mai mare sau mai mic, adică poate avea diferite *intensități, după cum sursa de curent este mai mare sau mai mică.*

Dacă în locul sulfatului de cupru vom folosi alte substanțe chimice, vom obține pe electrodul negativ cantități de metal diferite de cei de Cu, dar tot proporționale cu intensitatea curentului electric.

De exemplu, dacă vom pune azotat de argint (în locul sulfatului de cupru) vom găsi pe electrozi argint.

Experiențele ne mai învață că putem folosi pentru măsu-

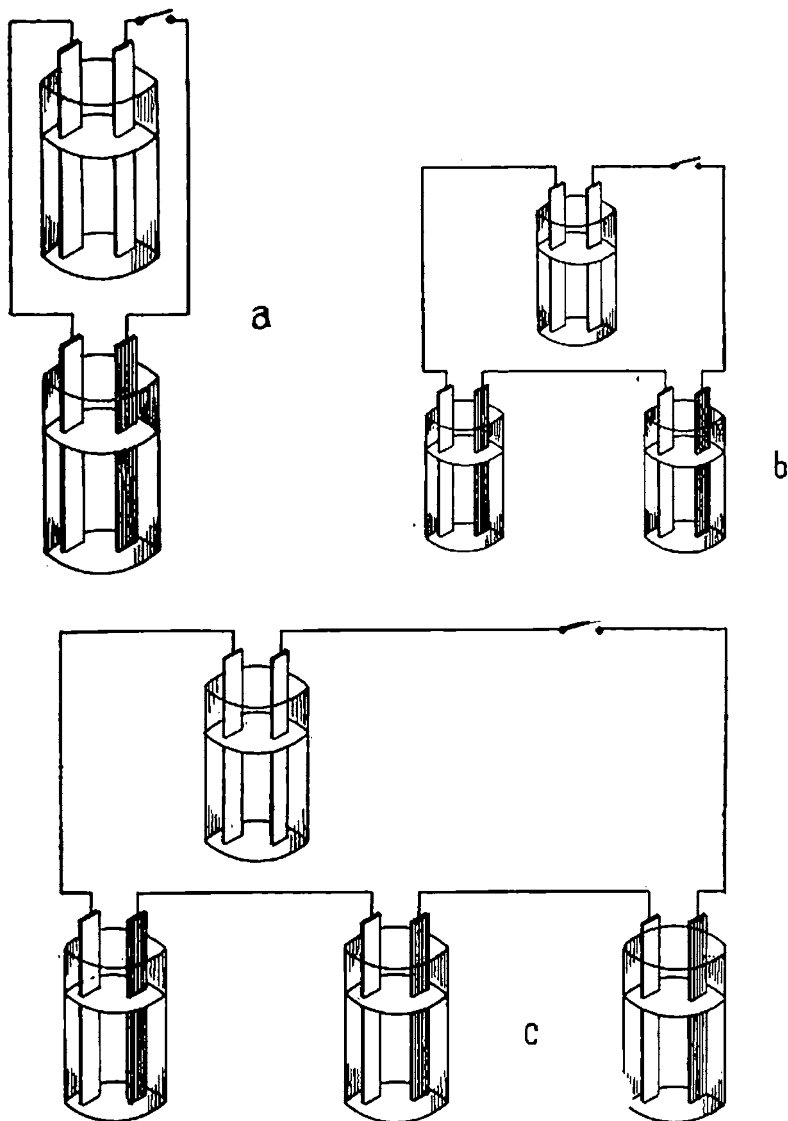


Fig. 7. a, b. c — Circuite electrice

rarea intensității curentului electric voltametrul și fenomenul chimic care se produce în el. Lucrul acesta are o mare importanță. Dacă un fenomen nu poate fi măsurat nu putem vorbi precis despre el și nici nu putem face vreun calcul asupra lui.



Fig. 8. — Curentul electric se aseamănă curentului de apă al unui râu

Când suntem la drum, într'un automobil, ne dăm seama dacă mergem repede sau încet, dar nu putem face nici o socoteală în cât timp vom străbate o distanță.

Dacă citim însă viteza aparatului indicator, care este pe tabloul din fața, vom putea afla precis cu câți km pe oră călătorim și, deci, vom putea calcula lesne durata parcursului.

Dar ca să măsurăm un fenomen trebue mai întâi să alegem *unitatea de măsură*.

Fizicienii au decis că *un curent care depune în voltametru, pe electrodul negativ, 1,118 mg de argint, într'o secundă, are intensitatea de un amper;* un curent care depune 2,236 mg Ag =

$2 \times 1,118$ mg Ag pe secundă are intensitatea de 2 amepri şi aşa mai departe.

Prin urmare:

Unitatea de măsură pentru intensitatea curentului este amperul. Un amper este acea intensitate de curent care depune într'o secundă 1,118 mg de argint dintr'o soluţie apoasă de azotat de argint.

Pe scurt amperul se notează cu litera A.

Curenţii foarte mici sunt măsuraţi cu o unitate mult mai mică, miliamperul, care este a mia parte dintr'un amper şi care se notează prescurtat mA.

Deci: 1 A = 1000 mA.

Printr'o lampă electrică mai mare (100 W la 110 V) trece aproximativ un amper.

Denumirea de amper a fost dată după numele fizicianului Ampère care a stabilit câteva legi importante ale curentului electric. In mod obişnuit, în tehnică, intensităţile de curent nu se măsoară cu voltametrul, deoarece este greu să cântărim de fiecare dată cantitatea de argint depusă.

De aceea s'a construit un aparat numit *ampermetru*, compus dintr'o cutie, în care este un dispozitiv electric special. Pe cutie este aplicat un cadran gradat în amperi şi în faţa lui se mişcă un ac indicator. Ampermetrul (fig. 9) are două borne la care se leagă circuitul electric, a cărui intensitate voim să o măsurăm. Gradaţia la care se opreşte acul arată intensitatea în amperi. Explicaţia funcţionării ampermetrului o vom afla mai târziu.

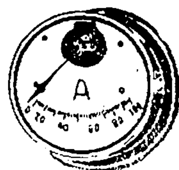


Fig. 9. Ampermetru

8. **Rezistenţa electrică a conductorilor.** Să repetăm experienţele noastre cu voltametrul sau, în locul lui, să instalăm un ampermetru.

Să facem pe rând 3 montaje (instalaţii).

In fiecare din aceste montaje avem aceeaşi sursă de curent, iar conductorii sunt din sârme diferite. Vom întrebuinţa mai întâi sârme de cupru (aramă) de aceeaşi grosime, dar de lungimi diferite, de exemplu de 10 m, de 20 m şi de 30 m.

Vom constata că intensitatea curentului este în cazul III, adică atunci când folosim sârma cea mai lungă, de 3 ori mai mică, iar în cazul II de două ori mai mică decât în cazul I.

Aceasta ne arată că un *conductor electric opune o rezistență la trecerea curentului, care este cu atât mai mare cu cât conductorul este mai lung.*

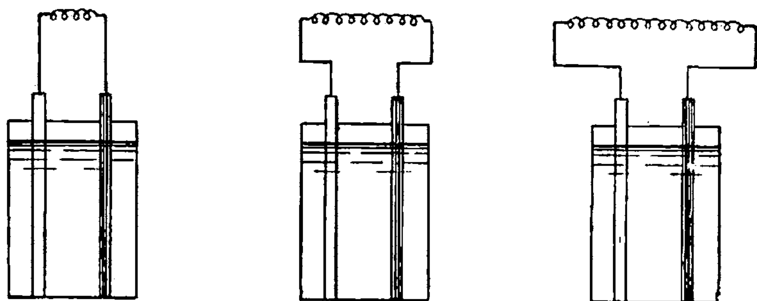


Fig. 10. — Circuite electrice cu rezistențe diferite

Să repetăm experiența, folosind de data aceasta trei conductori din sârmă de cupru, de *aceeași lungime* dar de *grosimi diferite,* de exemplu de 1 mm², de 1,5 mm² și de 2,5 mm².

Vom constata că în cazul III, adică al sârmei celei mai groase, trece un curent de 2,5 ori mai mare, iar în cazul II un curent de 1,5 ori mai mare decât în cazul I. Aceasta arată că *un conductor electric opune o rezistență cu atât mai mică cu cât conductorul este mai gros.*

In sfârșit, să facem experiența cu sârme de aceeași *lungime* și *grosime* dar din *metale diferite,* de exemplu : cupru, aluminiu și fier.

Vom constata că prin cupru trece un curent mai puternic decât prin aluminiu, iar prin acesta un curent mai puternic decât prin fier.

Deci, *rezistența unui conductor mai depinde și de felul metalului, prin urmare rezistența este specifică fiecărui metal.*

De vreme ce rezistențele pot fi mai mari sau mai mici, ele pot fi măsurate.

Trebuia aleasă deci o rezistență ca unitate.

Fizicienii au decis că rezistența pe care o opune o vână de mercur, la temperatura de 0°, lungă de 1,063 m și având o secțiune de 1 mm², să fie luată ca unitate de măsură pentru rezistențele electrice și au denumit-o *ohm.*

Prescurtat, ohmul se notează cu litera grecească Ω (omega).

Prin urmare:

Rezistența conductorilor se măsoară în ohmi.

Un ohm este rezistența la 0° a unei coloane de mercur lungă de 106,3 cm, având suprafața secțiunii transversale egală cu un milimetru pătrat.

O sârmă de cupru cu secțiunea de 1 mm^2 trebue să aibă o lungime de 57 m pentru ca să aibă o rezistență de 1 ohm.

Rezistențele foarte mari se măsoară printr'o unitate de 1 000 000 mai mare, denumită meg-ohm, și notată prescurtat M Ω. Deci:

$$1\,M\Omega = 1\,000\,000\ \Omega.$$

9. **Formula rezistenței electrice.** Constatările noastre, din experiențele de mai sus, asupra variației rezistenței unui conductor pot fi scrise într'o formulă:

$$R = \rho \times \frac{l}{s}$$

în care:

R este rezistența conductorului în ohmi Ω;

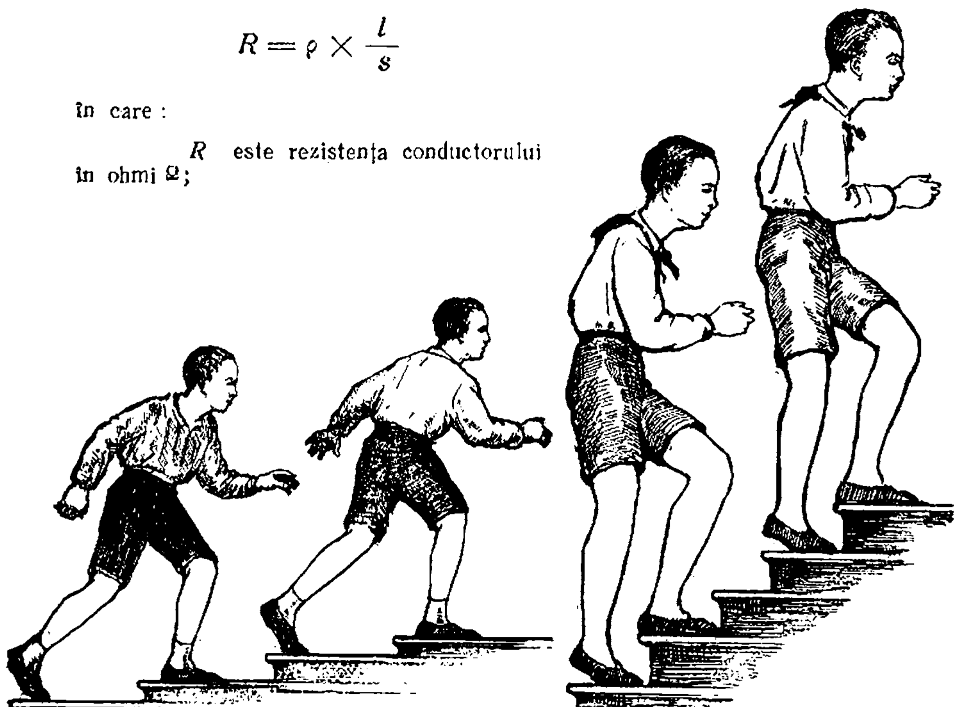


Fig. 11. a, b. — Circulația pe o scară înaltă este grea. Trecerea curentului printr'un fir lung este mai grea decât printr'unul scurt



Fig. 12, a. — Se circulă lesne pe un pod larg, asemenea şi curentul electric trece uşor printr'un conductor gros



Fig. 12 b. — Se circulă greu pe o punte îngustă, asemenea şi curentul electric trece mai greu printr'un conductor subţire







Fig. 13 a, b, c. — Circulația se face mai greu sau mai ușor după felul drumului. Tot așa trecerea curentului electric depinde de felul conductorului

l este lungimea lui în m ;
s este grosimea lui în mm^2 ;

ρ (literă grecească care se citește ro) este rezistența specifică a conductorului.

Dacă ne folosim de un conductor lung de 1 m, gros de 1 mm^2 rezistența lui este egală cu rezistența lui specifică:

$$R = \rho \times \frac{1}{1} = \rho.$$

Deci: *Rezistența specifică a unui conductor este rezistența unui conductor lung de 1 m și cu grosimea de 1 mm^2 la 20°.*

Ea diferă dela un material la altul.

Formula de mai sus, care ne permite să calculăm rezistența în ohmi, a unui conductor, fără a o mai măsura, este de foarte mare importanță în tehnică.

Ea se exprimă astfel:

Rezistența unui conductor este egală cu produsul dintre rezistența specifică și lungimea lui, împărțit prin secțiunea transversală.

Pentru a o putea aplica trebue să cunoaștem valorile lui ρ. Ele sunt arătate în tabela de mai jos pentru câteva corpuri întrebuințate mai des.

TABELA I

Metale și aliaje uzuale

Materialul	Rezistența specifică la 20°	Coeficient de temperatură
Argint	0,016	0,0038
Cupru	0,0175	0,0040
Aluminiu	0,030	0,0040
Wolfram	0,055	0,0041
Zinc	0,062	0,0039
Nichel	0,09	0,0060
Platină	0,095	0,0038
Fier	0,13	0,0055
Mercur	0,958	0,0009
Aliaje:		
Alama	0,08	0,0015

Din tabelă se constată că rezistența specifică cea mai mică o are argintul, după care urmează cuprul (arama) cu o rezistență puțin mai mare, apoi aluminiul cu rezistența de aproape 1,7 ori mai mare decât a cuprului. Fierul are o rezistență de aproape 8 ori mai mare decât a cuprului.

Unele aliaje ale metalelor au rezistențe foarte mari: nichelina, de pildă, e mai rezistentă de aproape 23 ori decât cuprul.

Nu numai metalele, dar și alte corpuri permit trecerea curentului, dar rezistențele lor sunt cu mult mai mari.

Firul de cărbune din lămpile electrice are o rezistență specifică de 200 ori mai mare decât a cuprului, iar alte feluri de cărbune au rezistențe cu mult mai mari.

Soluțiile în apă ale acizilor, bazelor și sărurilor sau aceste

TABELA

Metale și aliaje cu mare rezistență

Materialul	Rezistența specifică la 20°	Coeficientul de temperatură
Nichelina (din cupru nichel și mangan)	. 0,4	0,00022
Manganinul (din aceleași corpuri dar alte proporții) .	. 0,42 .	neînsemnat
Constantanul (din cupru și nichel)	. 0,49 .	. . neînsemnat
Cromnichelul .	. 1,1	, ... 0,0001
Grafitul	30	—

corpuri topite, conduc electricitatea, dar au rezistențe mari. Vom vedea mai departe că la trecerea curentului ele se descompun datorită fenomenului chimic.

Gazele au și ele o rezistență mare.

Sunt însă unele corpuri care au rezistențe specifice foarte mari, atât de mari încât curentul în mod practic nu mai poate trece prin ele. Astfel sunt: sticla, porțelanul, mica, marmora, cauciucul, bumbacul, mătasea, hârtia, lemnul, etc. Asemenea corpuri nu mai pot fi socotite conducătoare de curent electric. Ele se numesc *izolanți electrici* și au o mare utilizare.

Orice conductor prin care trece un curent electric trebue să fie separat de corpurile înconjurătoare printr'un izolant.

Altfel curentul ar lua diferite drumuri prin acele corpuri în loc de a rămâne numai în conductor.

Lucrurile se întâmplă la fel cu un curent de apă care este condus prin țeavă pentru a ajunge acolo unde este nevoie. Țeava este un fel de izolant pentru lichide; conductele electrice se izolează cu cauciuc și alte corpuri care opun o rezistență foarte mare la trecerea curentului.

Cuprul și aluminiul, având rezistivitățile cele mai mici, sunt metalele cele mai folosite pentru fabricarea conductorilor electrici.

In rezumat, din punct de vedere al rezistivității, corpurile se împart în trei categorii:

1. Corpuri bune conducătoare de electricitate, care au o rezistivitate mică. Acestea sunt metalele și aliajele lor.

2. Corpuri rele conducătoare de electricitate sau izolante, care au o rezistivitate foarte mare. Astfel sunt o serie de corpuri solide (cele mai folosite au fost indicate mai sus), lichidele și gazele.

3. Corpuri care lasă să treacă curentul electric dar totodată sunt descompuse. Ele se numesc *electroliți*.

Rezistența pe care o opune un conductor unui curent electric se poate asemăna cu piedicile pe care călătorii le întâmpină pe diferite drumuri.

Pe un drum bătut mersul este ușor, fără greutăți; pe un drum cu bolovani, mersul este mai greu, iar pe un drum presărat cu stânci colțuroase mersul este și mai greu.

Aplicații. Sârma de cupru izolată pentru alimentarea unei lămpi de masă are o lungime de 6 m, iar grosimea este de 0,75 mm². Rezistența este:

$$R = 0{,}0175 \times \frac{6}{0{,}75} = 0{,}14\ \Omega .$$

*) Rezistența specifică se mai numește și rezistivitate.

10. **Rezistența variază cu temperatura.** In experiențele arătate, (fig. 10) să ne folosim și de un termometru pe care să-l introducem în interiorul înfășurării bobinei).

Să presupunem că, la început, temperatura arătată este de 20°. Măsurăm intensitatea cu un ampermetru.

După câtva timp, sârma se încălzește, iar termometrul arată o creștere de temperatură, de exemplu dela 20° la 60°. Măsurăm din nou curentul și găsim o intensitate mai mică. Deoarece nu s'a schimbat nimic, afară de temperatură, deducem că rezistența conductorului a crescut din cauza creșterii temperaturii.

Să presupunem că înfășurarea de mai sus este dintr'o sârmă de cupru lungă de 100 m cu grosimea de 1 mm².

Rezistența la 20° stabilită cu ajutorul formulei este :

$$R = 0{,}0175 \times \frac{100}{1} = 1{,}75\,\Omega .$$

La 60° rezistența măsurată este de 2,030 Ω. Să împărțim creșterea rezistenței 2,030—1,75=0,280 Ω prin creșterea de temperatură 60—20=40. Vom găsi :

$$\frac{0{,}280}{40} = 0{,}007\ \Omega.$$

Deci, pentru fiecare grad de creștere a temperaturii, rezistența de 1,75 Ω a sporit cu 0,007 Ω, adică la fiecare 1 Ω avem un spor de rezistență pentru fiecare grad de încălzire de :

$$\frac{0{,}007}{1{,}75} = 0{,}004\,\Omega .$$

Această cifră se numește *coeficient de variație a rezistenței cu temperatura.* El are diferite valori, după felul materialului, așa după cum se arată în tabelă.

Unele aliaje de metale aproape nu-și schimbă rezistența în functie de temperatură ; astfel sunt : manganinul (din cupru, mangan și nichel), constantanul (din cupru și nichel) și altele.

Sunt însă unele corpuri a căror rezistență *scade* când temperatura crește. Astfel cărbunele și lichidele.

Deci : *Rezistența corpurilor variază cu temperatura.*

De aceea :

Trebue să precizăm întotdeauna la ce temperatură este socotită rezistența.

Valorile lui ρ în tabela 1 sunt stabilite la temperaratura de 20°.

Proprietatea de mai sus este folosită pentru a construi *termometre electrice.*

O rezistență care face parte dintr'un circuit este pusă în locul în care voim să măsurăm temperatura.

Prin metode pe care le vom învăța se măsoară rezistența și din ea se deduce numărul de grade cu care s'a încălzit, față de starea dela început.

11. **Aparate de rezistențe.** In electricitate avem adeseori interesul să modificăm intensitatea curentului într'un circuit. Am văzut că aceasta se poate lesne realiza variind rezistența.

In tehnică se folosesc aparate constituite din mai multe rezistențe diferite care se pot lega pe rând sau mai multe odată într'un circuit electric.

In fig. 14 se vede un asemenea aparat denumit *cutie cu rezistențe*, pe care putem să o comparăm cu o cutie de greutăți, folosită la cântărit, la balanța cu 2 talere. In interiorul ei sunt mai multe înfășurări de sârme, fiecare având o anumită rezistență. De exemplu: 1, 2, 2, 5, 10, 10, 20, 50, ohmi. Capetele fiecărei înfășurări sunt legate la câte două plăci groase de alamă așezate pe capacul cutiei din ebonită. Plăcile dela capete au câte un șurub de contact prin care cutia cu rezistențe se leagă într'un circuit.

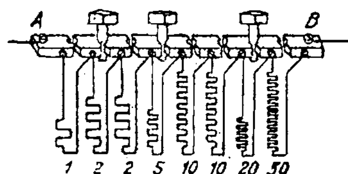


Fig. 14. — Cutie cu rezistențe

Intre două plăci de alamă se poate face contact cu ajutorul unui dop, tot de alamă (fișă).

Folosindu-ne de mai multe asemenea fișe putem realiza diferite combinații de rezistențe.

Dacă fișele sunt așezate după cum se arată în figură, curentul va trece prin rezistența de 50 Ω, prin fișă, prin rezistența de 10 Ω, prin a doua rezistență de 10 Ω, prin fișă, prin rezistența de 2 Ω, prin fișă și prin rezistența de 1 Ω deci cu totul: $50\,\Omega + 10\,\Omega + 10\,\Omega + 2\,\Omega + 1\,\Omega = 73\,\Omega$.

In alte poziții ale fișelor se fac alte combinații și se obțin alte valori ale rezistenței totale.

Se folosesc și alte aparate a căror rezistență poate fi variată prin mici trepte. Aceste aparate se numesc *reostate*.

Un astfel de reostat, se compune dintr'un cilindru izolant pe care s'a înfășurat o sârmă izolată de metal, cu mare rezistență.

Cele două capete ale conductorului sunt legate la bornele *A* și *B*. Deasupra cilindrului se poate mișca un cursor de-a-lungul unei bare metalice. (Fig. 15a).

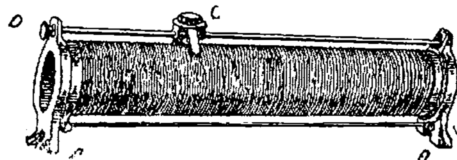


Fig. 15. a. — Reostat cu cursor

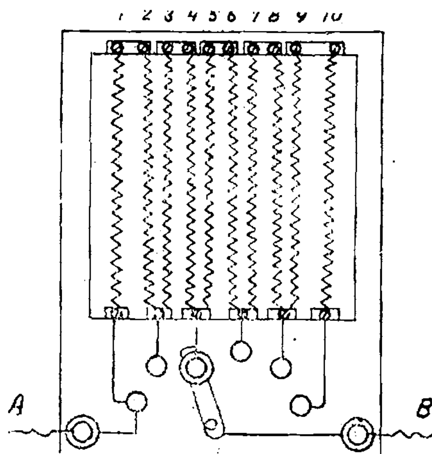
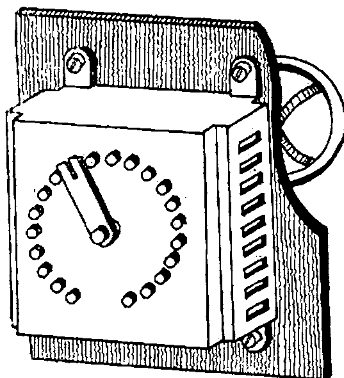


Fig. 15. b. — Reostat cu maneta

Sârma este desvelită de izolația ei de-a-lungul acestei bare, astfel că în alunecare, cursorul stabilește contact cu diferite puncte ale mosorului de sârmă.

Se intercalează această rezistență într'un circuit electric, legând-o de exemplu de borna *A* și la borna *D*. Curentul va trece prin sârmă prin porțiunea care se află între *A* și *C*. Deplasând cursorul la dreapta, această porțiune se lungește; deplasându-l la stânga, se scurtează. Rezistența se mărește în primul caz, căci se lungește



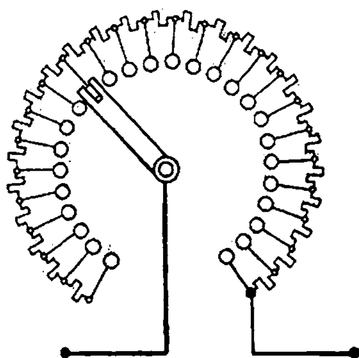


Fig. 15. c. — Reostat pentru mașini electrice

sârma prin care trece curentul, și se micșorează în al doilea caz, căci sârma se scurtează.

Un alt fel de reostat este arătat în fig. 15 b, compus din mai multe înfășurări de sârmă de fier, legate, cum se arată, pe un cadru.

La partea de jos, o manetă metalică se poate roti deplasându-se de pe un contact pe altul.

Aparatul se intercalează în circuitul electric legându-l la clemele *A* și *B*.

Dacă maneta este în poziția din fig. 15 b, curentul va trece prin *1*, *2*, *3*, *4*, apoi prin manetă și la clema *B*.

Deplasând maneta la dreapta se vor intercala în circuit mai multe rezistențe; deplasând maneta la stânga rămân în circuit mai puține rezistențe.

Reostatele cu manetă se instalează la motoarele și generatoarele electrice.

Inafara rezistențelor variabile se folosesc în electricitate și rezistențe fixe. La instalațiile de radio sunt necesare rezistențe fixe care au sute de mii și chiar milioane de ohmi.

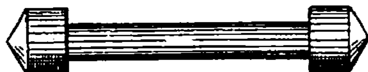


Fig. 16. — Rezistență fixă pentru radio

12. **Forța electromotoare.** După cum am văzut, apariția și circulația curentului sunt datorite pilei electrice. Dacă scoatem pila, în circuit nu mai este curent; dacă înlocuim pila prin alta mai puternică, în circuit se va produce un curent cu o intensitate mai mare.

Deci în pilă este cauza sau forța motoare a curentului. Și fiindcă este o mișcare de electricitate o numim: *forță electromotoare* (prescurtat vom scrie f. e. m.). In formule se notează cu *E*.

Sunt diferite surse de curent cu diferite forțe electromotoare.

Cum le măsurăm? Prin efectul lor, adică prin curentul pe care-l produc.

Dacă într'un circuit, printr'o rezistență de 1 Ω trece un curent cu intensitatea de 1 A, atunci forța electromotoare a acelei surse (pilă) este de 1 volt, dacă trece un curent de 2 A, forța electromotoare este de 2 volți și așa mai departe.

Deci voltul este unitatea de măsură pentru forțele electromotoare.

Prescurtat se notează cu litera V. In tehnică se folosesc adesea tensiuni mari. Ele se măsoară cu o unitate de 1000 ori mai mare, kilovoltul, prescurtat kV.

Deci 1 kV=1000 V.

Uneori se întrebuințează tensiuni foarte mici; ele se măsoară cu milivoltul care este a 1000 parte dintr'un volt și se însemnă mV.

Deci: 1 V = 1000 mV.

Denumirea de volt a fost dată după numele învățatului Volta care a făcut descoperiri importante în electricitate.

Elementele galvanice, cu care am făcut experiențele până acum, au o forță electromotoare de 1,45 V. Sunt însă surse de curent cu forțe electromotoare mai mari. Acestea sunt mașinile generatoare de curent care produc f. e. m. de sute și chiar de mii de volți.

13. **Legea lui Ohm.** Din experiențele făcute până acum am observat că într'un circuit electric intensitatea curentului se schimbă dacă variază forța electromotoare sau rezistența.

Fizicianul Ohm a arătat, că într'un circuit electric:

a) Intensitatea curentului crește, când crește forța electromotoare aplicată și scade, când scade forța electromotoare.

b) Intensitatea curentului crește, când scade rezistența și scade, când crește rezistența.

Pe baza acestor constatări el a stabilit următoarea lege:

Intensitatea curentului într'un circuit este direct proporțională cu forța electromotoare aplicată și invers proporțională cu rezistența conductorilor circuitului.

Aceasta este legea lui Ohm. Ea se exprimă, pe scurt, în baza notațiilor de mai sus, prin formula:

$$I = \frac{E}{R}.$$

Formula se poate scrie și sub forma:

$$R = \frac{E}{I} \text{ sau } E = I \times R,$$

și care exprimă că:

Intensitatea curentului este egală cu forța electromotoare aplicată, împărțită prin rezistența conductorului.

Aplicații: 1. Cât este intensitatea curentului într'un circuit în care $E = 40$ V, iar $R = 10\ \Omega$?

$$I = \frac{40}{10} = 4\ \text{A}.$$

2. Care este forța electromotoare aplicată unui circuit, știind că intensitatea este 8 A, iar rezistența 6 Ω

$$E = 8 \times 6 = 48\ \text{V}.$$

3. Care este rezistența unui circuit, știind că forța electromotoare aplicată este de 110 V, iar curentul de 0,5 A.

$$R = \frac{110}{0{,}5} = 220\ \Omega.$$

14. **Asemănarea între curentul electric și mișcarea unui fluid.** Vorbim dela începutul acestor lecții de curent electric. Dar tot curent numim și curgerea unei ape: curs de apă, curent de apă sau de alte fluide.

In vreo două împrejurări am și văzut că sunt asemănări.

Să cercetăm mai de aproape lucrurile. Toți am văzut un râu în câmpie, cum este Dâmbovița la București. El curge încet, uneori nici nu știi dacă mai curge.

Cei ce au fost la munte și au văzut acolo Dâmbovița sau alt râu, au observat că apa cade de pe o piatră pe alta cu iuțeală mare.

Dece această deosebire? La șes, între două puncte în lungul râului, diferența de înălțime este foarte mică, pe când la munte este foarte mare.

Dacă nu ar fi nici o diferență, apa ar sta pe loc, așa cum se întâmplă în lacuri.

Deci, numai diferența de înălțime sau, cum o mai numim, diferența de nivel, mișcă apa dela un punct la altul al albiei unui râu.

Și curentul electric trebue să se producă tot datorită unei cauze asemănătoare.

Dar observăm o oarecare deosebire: apa curge dela munte la vale și pare că nu se mai întoarce, pe când la curentul electric avem un circuit închis direct.

In realitate, și apa în natură urmează un circuit închis. Ajunsă în mări, acolo se produc evaporări intense; vaporii sunt

împinși sub formă de nori, care se transformă în ploaie sau zăpadă, mai ales la munte.

Apa ajunge astfel din nou în albia râului.



Fig. 17. — Râuri cu căderi diferite

Lucrurile se petrec ca și cum pompe uriașe ar trage apa mării și ar împinge-o în sus.

Deci și apa urmează un drum închis, un circuit închis.

Dar să urmărim mersul apei într'un circuit mai scurt, la îndemâna noastră, așa ca să putem face diferite observațiuni.

Să presupunem două vase așezate unul mai sus și altul mai jos, după cum arată fig. 18, și legate între ele printr'o țeavă (conductă).

Ump'em cu apă vasul de sus; după un timp tot lichidul se va scurge în cel de jos, pentrucă între ele este o *diferență de nivel*. Dacă vasele sunt la același nivel, dar sunt închise și apa supusă la presiuni diferite, lichidul va trece dintr'un vas în celălalt din cauza *diferenței de presiune*.

Să măsurăm cantitatea de apă scursă, fie 20 litri, iar durata scurgerei 50 de secunde,

$$\frac{20\ \mathrm{l}}{50\ \mathrm{s}} = 0{,}4\ \mathrm{l/s}$$

este debitul scurs prin conductă, adică este cantitatea de apă care a trecut prin conductă într'o secundă.

Debitul este asemănător intensității curentului.

Să înlocuim țeava prin alta mai lungă; debitul va fi mai mic. Să înlocuim țeava cu alta cu diametrul mai mare, debitul va fi mai mare.

Conducta (țeava) este deci asemănătoare conductorului electric opunând și ea o rezistență la trecerea apei.

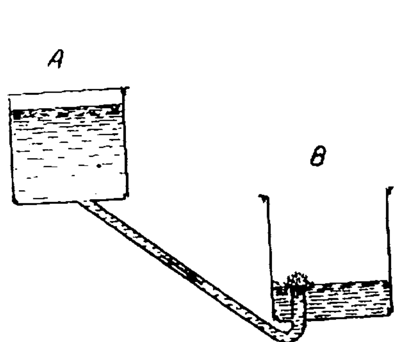


Fig. 18. — Mișcarea unui lichid

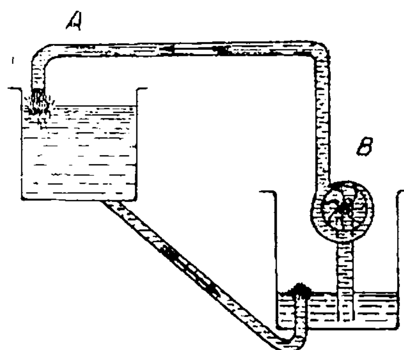


Fig. 19. — Circuitul unui lichid

Curentul de apă curge între cele două vase, atâta timp cât este o *diferență de înălțime sau de presiune între ele.*

Dacă vrem ca între vasele *A* și *B* apa să se scurgă în continuu trebue să instalăm o pompă, prin a cărei forță motoare se produce și se menține mereu diferența de înălțime între *A* și *B*. In felul acesta am realizat un curs de apă, cu un circuit continuu al apei.

La fel este și în electricitate.

Curentul electric curge dela o bornă la cealaltă a conductorului atât timp cât este o diferență de înălțime electrică între acele puncte.

Sursa de curent (pila) creează şi menţine diferenţa de înălţime (presiune) electrică între bornele ei; ea realizează aceasta datorită forţei ei electromotoare.

Diferenţa de înălţime (sau presiune) electrică o numim *diferenţa de potenţial* sau *tensiune.*

Ea, fiind creată de o forţă electromotoare, se măsoară tot în volţi şi se înseamnă în formule cu

Prin urmare, de ţinut minte:

Curentul electric, între două puncte ale unui conductor, îl constatăm atâta timp cât este o tensiune între acele puncte. Tensiunea este produsă de o forţă electromotoare.

Tensiunea se măsoară prin efectul pe care-l produce, adică prin curent.

Aparatul de măsură este, de aceea, asemănător cu ampermetrul, dar se numeşte voltmetru (să nu se confunde cu voltametrul).

Aplicaţii: Tensiunea la bornele unui bec electric este de 220 V, rezistenţa firului de metal al becului este de 300 Cât este curentul?

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{300} = 0,73 \text{ A.}$$

15. **Cantitatea de electricitate.** In experienţa de mai sus, am văzut că la trecerea apei dintr'un vas în celălalt debitul era de 0,4 litri/secundă, iar durata scurgerei 50 de secunde.

Cantitatea totală de apă transportată este:

$$Q = 0,4 \times 50 = 20 \text{ litri.}$$

La fel şi în electricitate: înmulţind intensitatea curentului I cu timpul t obţinem *cantitatea de electricitate.*

$$Q = I \times t = \text{amperi secunde.}$$

Dacă $I = 1$ A şi $t = 1$ s, $Q = 1 \times 1 = 1$ amperi secundă.

Cantitatea de electricitate transportată printr'un conductor, de un curent cu intensitatea de un amper în timp de o secundă, se numeşte coulomb. Coulombul este unitatea de măsură pentru cantităţile de electricitate.

1 culomb = 1 ampersecundă.

Invers, deducem că:

$$I = \frac{Q}{t},$$

iar dacă $Q = 1$ coulomb şi $t = 1$ secundă

$$I = \frac{1}{1} = 1 \text{ amper.}$$

Deci, un curent care transportă un coulomb într'o secundă are intensitatea de un amper.

Denumirea de coulomb a fost dată după numele fizicianului Coulomb (citeşte Culomb), care a făcut descoperiri în electricitate.

Dacă ne reamintim de experienţele precedente, rezultă că un coulomb trecând prin voltametru depune 1,118 mg de argint.

16. **Ramificarea curenţilor.** Până acum am avut numai circuite simple, formate din câte o forţă electromotoare şi o rezistenţă.

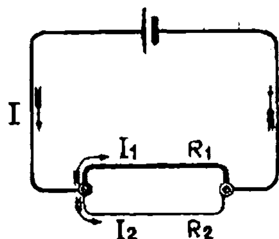


Fig. 20. — Circuit cu două ramificaţii

Cu ajutorul legii lui Ohm am determinat intensitatea curentului. In instalaţiile pentru folosirea electrici-



Fig. 21. — Curent de apă ramificat

tății sunt însa și circuite mai complicate. Astfel sunt circuitele cu două sau cu mai multe ramificații.

Un asemenea circuit se aseamănă cu un curent de apă care se ramifică într'un punct, iar apoi ramificațiile se unesc din nou.

Curentul de apă care vine este egal cu suma curenților care pleacă prin cele două ramuri.

La fel se întâmplă și curentului electric. Deci:

Dacă se ramifică un curent electric, suma curenților care vine spre nodul de ramificare este egală cu suma curenților care pleacă.

$$I = I_1 + I_2 \cdot$$

Aceasta se numește *prima lege a lui Kirchhoff*, după numele învățatului care a stabilit-o.

Cât sunt de mari curenții în ramificații? Cu cât rezistența unei ramuri este mai mare cu atâta intensitatea curentului este mai mică. Dacă rezistențele sunt egale, curenții sunt egali.

Dacă una din rezistențe este, de exemplu, de trei ori mai mare decât cealaltă, intensitatea curentului acelei ramuri va fi de trei ori mai mică.

Aceste constatări se pot exprima prin formula:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} \text{ sau } I_1 R_1 = I_2 R_2 \;.$$

Aceasta este *a doua lege a lui Kirchhoff*.

Legile lui Kirchhoff se aplică oricare ar fi numărul ramificațiilor. Astfel, pentru patru ramificații:

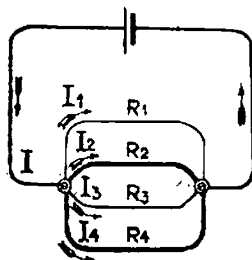


Fig. 22. — Circuit cu patru ramificații

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \text{ și}$$

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3 = I_4 R_4.$$

Aceste legi sunt foarte importante, căci ne permit să determinăm curenții în circuite mai complicate. Ajungând la asemenea circuite trebue să învățăm și modul de reprezentare grafică (adică prin desen) al aparatelor electrice din fig. 23.

Semnele se numesc *simboluri grafice*. Ele au un rol asemănător cu al semnelor convenționale din hărți.

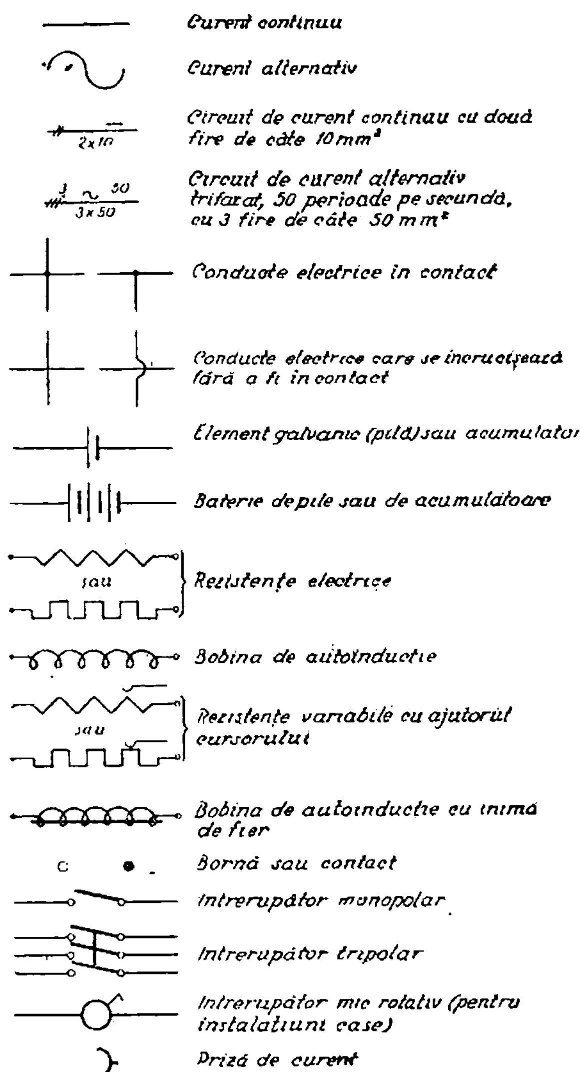


Fig. 23-a. — Simboluri grafice pentru instalațiile electrice

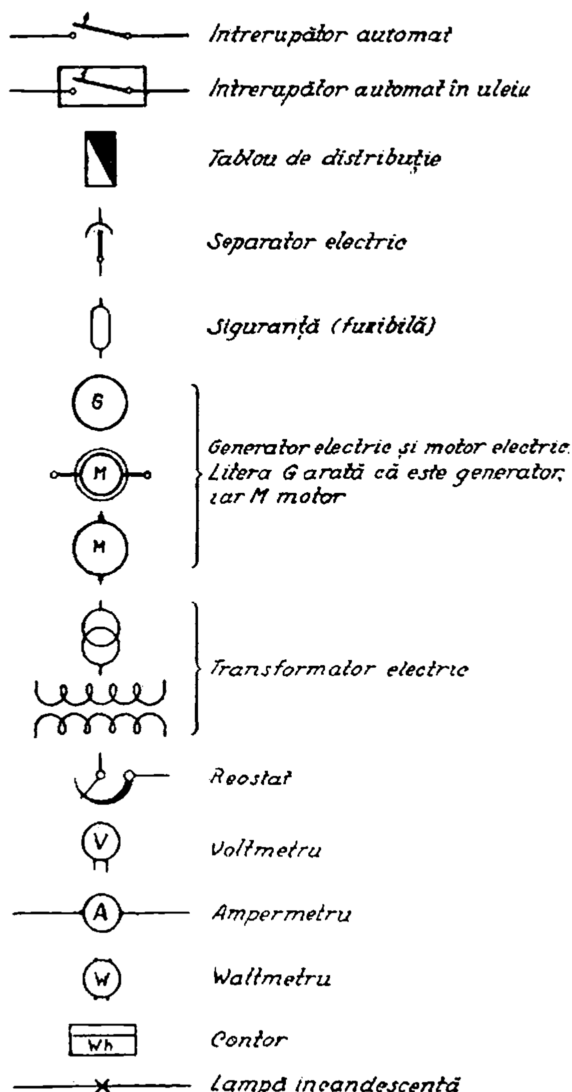


Fig. 23 b. — Simboluri grafice pentru instalațiile electrice

Cu simboluri grafice vom face planurile instalaţiilor electrice.

17. **Legarea rezistenţelor într'un circuit.** *Rezistenţe în serie.* Ne folosim de *cutia de rezistenţe* din fig. 14 şi aşezăm fişele astfel ca rezistenţele de 10, 20 şi 50 să fie unite una după alta. Ele formează deci un şir sau un *montaj în serie.*

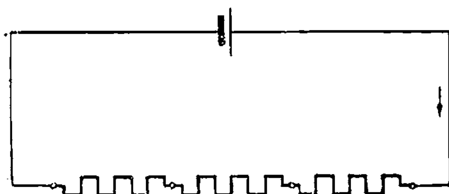


Fig. 24. — Rezistenţe în serie

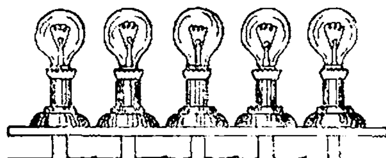


Fig. 25. — Instalarea becurilor în serie

La montajul în serie acelaşi curent străbate pe rând diferitele părţi ale circuitului.

Bornele cutiei le legăm la o sursă de curent având tensiunea de 220 V. Măsurăm curentul cu un ampermetru şi găsim 2,75 A.

Folosindu-ne de legea lui Ohm, calculăm rezistenţa totală a circuitului.

$$R = \frac{E}{I} = \frac{220}{2,75} = 80\ \Omega,$$

dar adunând cele trei rezistenţe, găsim:

$$10 + 20 + 50 = 80\ \Omega$$

adică aceeaşi cifră.

Aceasta dovedeşte că, la montajul în serie, rezistenţele legate în circuit, pot fi înlocuite, în calcul, prin suma lor.

Deci:

Rezistenţa totală este egală cu suma rezistenţelor legate în serie.

$$R = R_1 + R_2 + R_3\ .$$

Rezistenţele în serie sunt străbătute toate de acelaşi curent, lucru care se dovedeşte montând ampermetrul în diferite locuri ale circuitului.

Un bec electric este format dintr'un fir cu mare rezistență închis într'un glob de sticlă din care s'a scos aerul.

Putem lega mai multe becuri (deci rezistențe) în serie. Dar, în acest caz, dacă rezistența unui bec se arde, circuitul va fi întrerupt și, deci, toate becurile se vor stinge. De aceea în mod obișnuit, becurile nu se leagă în serie.

Rezistențe în derivație. Fig. 26 ne arată un circuit ramificat. Rezistențele sunt una lângă alta și sunt denumite în *paralel* sau în *derivație.*

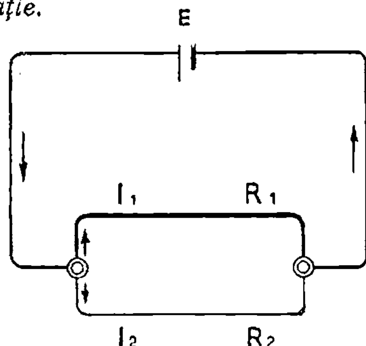


Fig. 26. — Rezistențe în paralel

La montajul în derivație sau paralel, curentul se împarte și prin fiecare ramură trece, în același timp, numai câte o parte din curentul total.

Ramificațiile sunt străbătute de curenți diferiți, așa după cum am văzut mai înainte, spre deosebire de montajul în serie la care același curent străbate pe rând toate părțile circuitului.

Circuitul din figură are, de exemplu:

$$E = 6\,\text{V},\ R_1 = 2\,\Omega \text{ și } R_2 = 3\,\Omega\,.$$

Cu ajutorul unui ampermetru găsim intensitatea curentului total egală cu 5 A.

Dar, prin calcul, nu putem ajunge la același rezultat? Dacă am avea o singură rezistență am aplica legea lui Ohm.

Iată însă ce observăm: să înlocuim cele două rezistențe cu valoarea dedusă prin formula

$$R = \frac{R_1\ R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \times 3}{2 + 3} = 1{,}2\ \Omega\,.$$

Să aplicăm acum legea lui Ohm.

$$I = \frac{E}{R} = \frac{6}{1,2} = 5\ \text{A}\,.$$

Prin urmare, suma a două rezistențe în paralel se calculează din formula de mai sus.

Mai observăm că această formulă se mai poate scrie:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\,.$$

Ea se aplică pentru oricâte rezistențe în derivație.

Dacă mai multe rezistențe sunt legate în paralel ,rezistența unică cu care ele pot fi înlocuite rezultă din :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

Deci cele două rezistențe în derivație pot fi înlocuite în calcul cu valoarea R dedusă din formula de mai sus.

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\,.$$

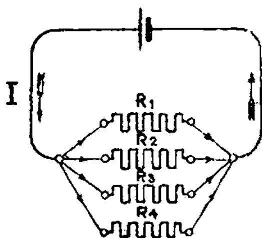


Fig. 27. — Mai multe rezistențe în derivație

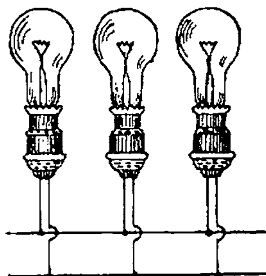


Fig. 28. — Instalarea becurilor în derivație

Dacă becurile se leagă în derivație, defectarea sau stingerea unuia nu împiedecă pe celelalte să funcționeze.

De aceea, de obiceiu, becurile se instalează în derivație.

In general, toate aparatele receptoare de curent se instalează în derivație.

18. **Legarea forțelor electromotoare.** Să legăm mai multe surse de curent electric, (pile, etc.), ca în fig. 29, în așa fel ca borna + a uneia să fie legată cu borna — a sursei următoare și așa mai departe.

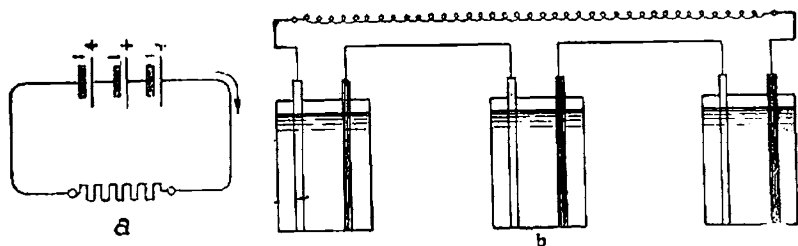


Fig. 29. a, b. — Forțe electromotoare în serie

Acest șir de surse de curent va avea deci la capete o bornă + și alta —. Ca și la montajul în serie al rezistențelor, același curent va trece prin toate sursele de curent.

Un asemenea montaj se numește *în serie.* Forțele electromotoare se adună.

Deci, *forța electromotoare a întregului șir va fi egală cu suma forțelor electromotoare care compun șirul.*

$$E_{total} = E_1 + E_2 + E_3 .$$

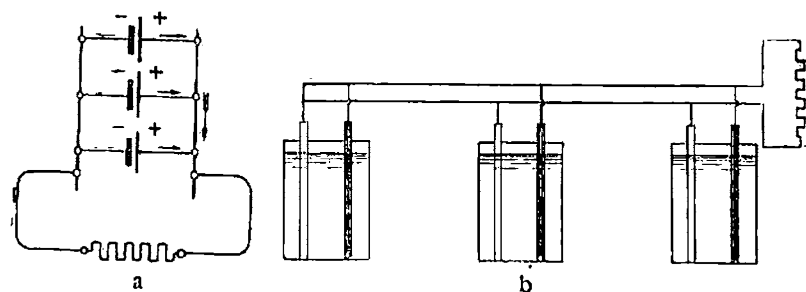


Fig. 30. a, b. — Forțe electromotoare în paralel

Aplicații: Fie trei pile având f. e. m.:
2 V, 4 V, 6 V. Forța e. m. totală este egală cu:

V total = 2 + 4 + 6 = 12 V.

Să legăm între ele toate bornele + ; de asemenea să legăm între ele toate bornele — ale mai multor surse de curent, *de aceeaşi* mărime *E*.

Un asemenea montaj se numeşte în derivaţie sau paralel. Intre borna comună + şi borna comună — constatăm cu ajutorul unui voltmetru că avem aceaşi forţă electromotoare *E*.

Ca şi la montajul în derivaţie al rezistenţelor, prin fiecare sursă de curent trece câte o parte din curentul total.

Deci: *la montajul în paralel forţa electromotoare între bornele comune rămâne neschimbată.*

Montajul în serie şi în paralel se aseamănă cu montajul pompelor de apă din fig. 31 şi 32.

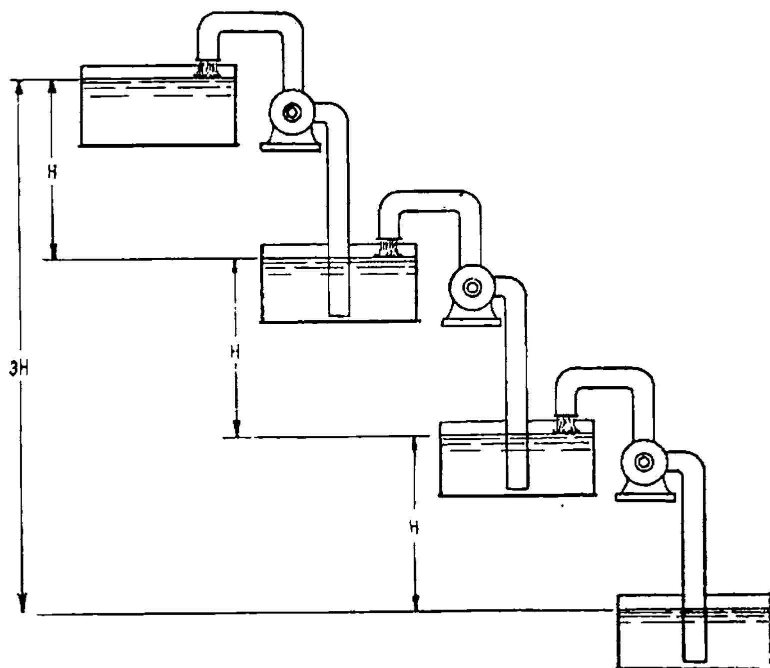


Fig. 31. — Pompe în serie

La montajul în serie al pompelor, figura 31, obţinem o diferenţă de înălţime mai mare, dar debitul fiecărei pompe este acelaşi.

La montajul în paralel al pompelor, figura 32, diferența de înălțime rămâne aceeași, dar debitul în conducta comună este de trei ori mai mare decât acela care trece prin fiecare pompă.

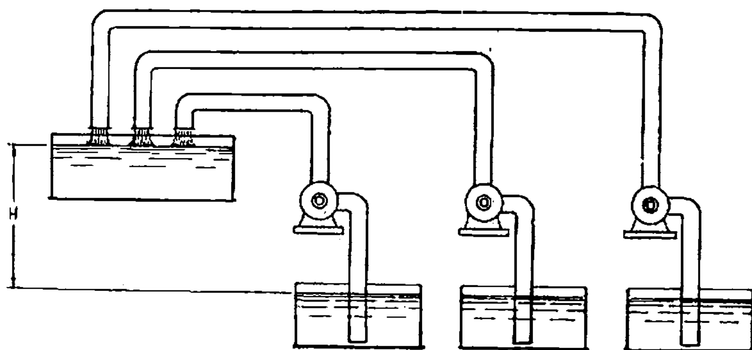


Fig. 32. — Pompe în paralel

19. **Căderea de tensiune.** Să montăm circuitul arătat în fig. 33 compus dintr'o sursă de curent și trei rezistențe de 60, 40, și 10 Ω, parcurs de un curent având intensitatea de 2 A Cu ajutorul unui voltmetru să măsurăm tensiunea menținând o clemă a acestuia la borna *A* a sursei de curent, iar cealaltă clemă o vom muta în diferite puncte ale circuitului prin care trece curentul.

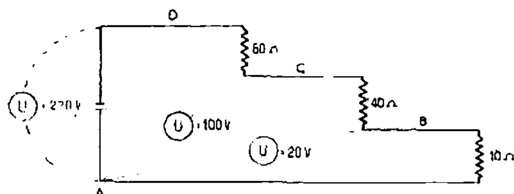


Fig. 33. — Căderea de tensiune într'un circuit electric

Vom constata că între punctul *A* și *D*, adică între bornele sursei de curent avem 220 V, ceea ce puteam deduce și prin calcul folosindu-ne de legea lui Ohm:

$$U = R\,I = 110 \times 2 = 220 \text{ V}.$$

Să mutăm contactul în C, vom măsura la voltmetru 100 V, care este egal cu

$$220 - 2 \times 60 = 220 - 120 = 100 \text{ V.}$$

Să mutăm contactul în *B*, vom măsura la voltametru 20 V, care este egal cu

$$220 - (60 + 40)\ 2 = 220 - 100 \times 2 = 20 \text{ V.}$$

Constatăm că între *D și A* avem o scădere treptată de tensiune. Prin urmare:

Intr'un circuit electric tensiunea cea mai mare este între bornele sursei de curent; pe măsură ce ne îndepărtăm de sursă, tensiunea între două puncte ale circuitului scade.
Scăderea de tensiune este egală cu produsul dintre intensitatea curentului și rezistența porțiunii circuitului între sursă și acele puncte.

Căderea de tensiune este un fenomen asemănător cu căderea de presiune într'o conductă prin care curge un lichid.

Fig. 34 ne arată cele două vase *A și B* legate prin conductă.

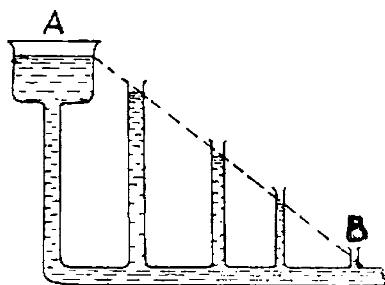


Fig. 34. — Pierderea de presiune într'un lichid în scurgere

Să instalăm mai multe tuburi verticale în lungul conductei. Vom constata că apa se ridică în ele la nivele în descreștere dela *A* la *B*.

Aceasta arată că într'o conductă, nivelul (sau presiunea) care împinge lichidul dela un punct la altul mai departe, dela *A* spre *B*, scade treptat. Deci, în lungul unei conducte avem o pierdere de presiune sau de înălțime. La fel, într'un conductor electric avem o scădere de tensiune.

Dacă o conductă de apă este foarte lungă se poate ca la capătul *B*, presiunea să fie atât de mică încât scurgerea să fie foarte înceată. Se știe că în orașe, uneori pe străzile depărtate de uzină, presiunea apei este foarte redusă din cauza mai sus arătată.

La fel, dacă într'un circuit electric căderea de tensiune este prea mare, lămpile nu se mai aprind din cauza tensiunei prea mici.

De aceea, într'un circuit în care sunt aparate receptoare utilizatoare de curent, căderea de tensiune trebue să fie limitată.

Aplicații: Să se calculeze tensiunea la capetele a două sârme de cupru, lungi de 100 m, grosime de 4 mm², legate la o sursă de curent de 220 V, și prin care trece un curent de 10 A.

$$U = E - RI = 220 - \frac{0.0175 \times 100}{4} \times 10 = 220 - 4{,}37 = 215{,}63 \text{ V.}$$

20. **Legarea surselor și receptoarelor de curent electric.** Receptoarele de curent: motoare electrice, rezistențe etc. sunt construite pentru o anumită tensiune. Tensiunile obișnuite sunt 110, 220 V și 380 V.

Din motivele arătate mai înainte receptoarele de curent se instalează de obiceiu în derivație. Fiecare receptor în derivație are nevoie de o anumită intensitate de curent pentru ca să funcționeze.

Sursa de curent va trebui să producă un curent egal cu suma curenților folosiți de toate receptoarele. Dar sursele de curent sunt construite pentru anumiți curenți maximali.

De aceea, deseori este nevoie să se instaleze mai multe surse de curent, în derivație, care împreună vor da curentul total necesar receptoarelor.

In concluzie:

In general sursele de curent se instalează în derivație; de asemenea și receptoarele.

Am demonstrat însă că receptoarele sunt construite pentru o anumită tensiune.

Aceasta ne arată că sârmele (conductele) de legătură între surse și receptoare trebue să fie destul de groase pentru ca să nu fie o cădere de tensiune prea mare dela surse până la receptoare, căci, altfel, aparatele nu ar mai funcționa bine.

21. **Lucrul și puterea curentului.** In fața capătului de jos al conductei de legătură între vasele *A* și *B*, fig. 35, instalăm o morișcă. Pe arborele ei înfășurăm o sfoară de care atârnăm o greutate.

Curentul de apă produce învârtirea moriștei și ridicarea greutății, deci produce un lucru mecanic, într'un anumit timp *t*.

Lucrul mecanic, pe care-l însemnăm pe scurt *T*, îl putem cal-

cula: *el este egal cu greutatea apei care s'a scurs, înmulțită cu diferența de înălțime între vasele A și B.*

$$T = GH.$$

Lucrul mecanic executat într'o secundă se numește *putere*, și se însemnează cu *P*.

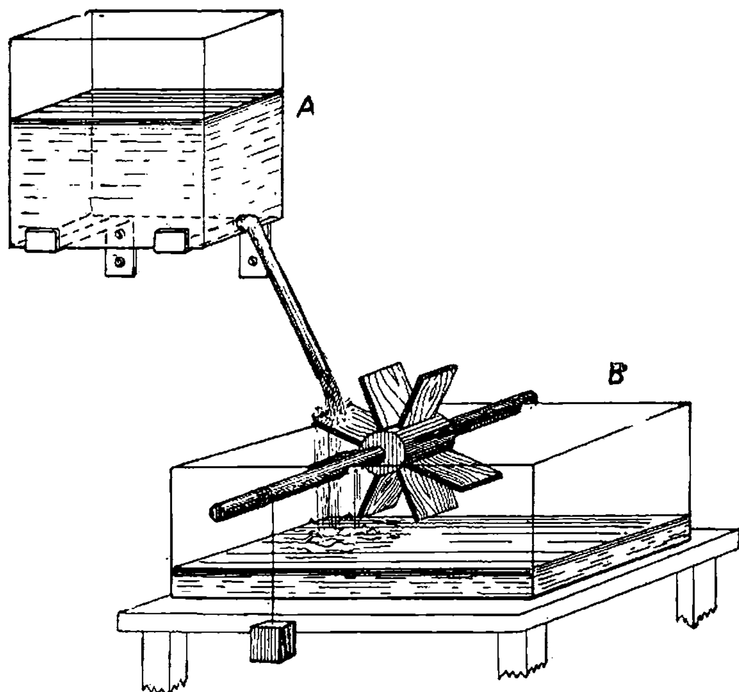


Fig. 35. — Lucrul mecanic produs de căderea apei.

$$P = \frac{GH}{t}.$$

Dar $\frac{G}{t}$ fiind:

cantitatea de apă scursă într'o secundă, este *debitul de apă*, pe care-l însemnăm cu *Q*.

Deci :

$$P = Q\,H.$$

Tot aşa şi curentul electric produce un lucru, care este egal cu cantitatea de electricitate (cantitatea de apă) *înmulţită cu tensiunea* (diferenţa de nivel).

De exemplu: Dacă U este 110 V, $I = 6$ A, iar durata trecerii curentului 3 secunde, $T = 110 \times 6 \times 3 =$ voltampersecunde.

Deci: $T = U \times I \times t =$ voltampersecunde.

Puterea este egală cu lucrul produs într'o secundă.

Deci, în cazul de faţă:

$$P = \frac{110 \times 6 \times 3}{3} = 110 \times 6 = \frac{\text{voltampersecunde}}{\text{secunde}} = 660 \text{Voltamperi.}$$

Voltamperul se numeşte Watt. După cum se constată:

puterea se obţine înmulţind tensiunea cu intensitatea.

$$P = UI$$

Dacă U este 1 V iar $I = 1$ A, $P = 1 \times 1 = 1$ Watt.

Wattul este unitatea de putere folosită în electricitate şi se notează cu W.

Pentru puteri mari se foloseşte o unitate de 1000 ori mai mare, kilowattul, notat cu kW.

Deci 1 kW = 1000 W.

Lucrul am văzut că este egal cu

$T = 110 \times 6 \times 3 =$ Voltampersecunde, dar $100 \times 6 = 660$ W.

Deci $T = 660 \times 3 = 1980$ wattsecunde.

Dar 1 wattsecundă = 1 Joule. Deci „lucrul" se poate măsura şi în jouli, care se notează prescurtat J.

Prin urmare:

lucrul este egal cu puterea înmulţită cu timpul.

$$T = P\,t.$$

Dacă timpul este socotit în ore[1]), iar puterea în kW, lucrul va rezulta în kWh.

---

1) Ora se notează prescurtat cu h.

1 kWh = 3 600 000 wattsecunde = 3 600 000 jouli, căci o oră = 3600 s.

1 kW = 1000 W, iar 1 wattsecundă = 1 joule.

1 wattsecundă (sau un Joule) este lucrul efectuat de un curent având puterea de 1 watt în decurs de o secundă.
1 kWh este lucrul efectuat de un curent având o putere de un kwatt în decurs de o oră.

Să rezumăm:

Puterea în electricitate se măsoară în *wați* sau *kilowați*, iar *lucrul* în *jouli*, *wattsecunde* și *kWh* (aceasta din urmă este unitatea cea mai des folosită).

Puterea surselor de curent și a receptoarelor de curent. Diferite surse de curent electric au puteri diferite.

Bateria uscată poate alimenta doar un singur bec mic al lămpii de buzunar, acumulatorul unui automobil alimentează mai multe becuri deodată, iar mașinile producătoare de curent din uzina orașului pot alimenta mii de becuri deodată.

Bateria uscată are puterea cea mai mică, acumulatorul o putere mai mare, iar mașina electrică o putere foarte mare.

Lucrul produs de aceste surse de curent servește pentru a produce lumină și căldură în becuri. Dar poate servi și pentru alte scopuri: de exemplu, să învârtească motoare.

Fiecare generator de curent este caracterizat printr'o anumită putere pe care o are.

Puterea mașinilor mari electrice ajunge și la 200 000 kW.

Orice aparat sau mașină *receptoare* de curent electric, transformă energia electrică într'o altă formă de energie.

Motorul o transformă în lucru mecanic, rezistența fierului de călcat în căldură, becul electric în lumină și căldură, și așa mai departe.

Fiecare receptor de curent este și el caracterizat printr'o anumită putere.

De exemplu, un motor are 5 kW; dar și un fier electric de călcat are o anumită putere, de ex. 600 W; becurile de automobil au 5—50 W, iar cele folosite pentru luminatul încăperilor au 15—200 W.

22. **Energia și transformările ei.** Am comparat curentul e-

lectric cu un curent de apă. Am văzut cum acesta din urmă produce un lucru mecanic. Curentul electric I care circulă dela un punct la altul, între care este diferența de potențial (tensiunea) U produce și el un lucru.

Astfel, am constatat că un curent electric produce încălzirea conductei prin care trece și vom vedea că se poate calcula cantitatea de căldură degajată tot cu ajutorul formulei lucrului :

$$W = UIT.$$

Vom afla mai târziu că un curent poate produce învârtirea unui motor (așa după cum apa învârtește morișca din experiența

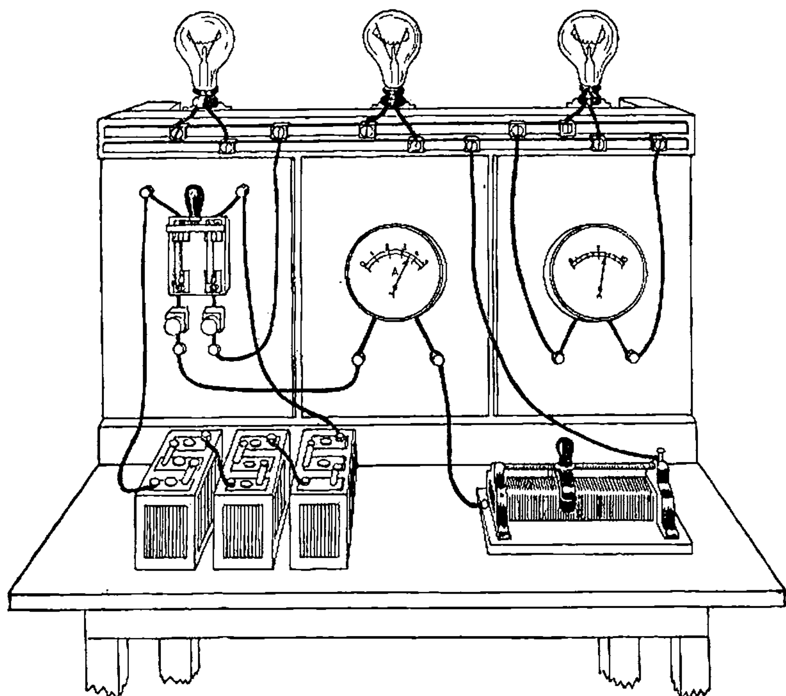


Fig. 36. a. — Instalație electrică pentru lucrări de laborator

noastră) care mișcă diferite mașini, deci produce un lucru mecanic.

Dar căldura și lucrul mecanic sunt forme diferite ale ener-

giei. Lucrul produs de un curent electric, pentru a se transforma în căldură, lucru mecanic, etc., îl numim *energie electrică*. Energia mecanică (lucrul mecanic) se poate transforma în energie calorică[1]) (căldură) şi invers. De asemenea, energia electrică se poate transforma în energie calorică sau în energie mecanică şi invers.

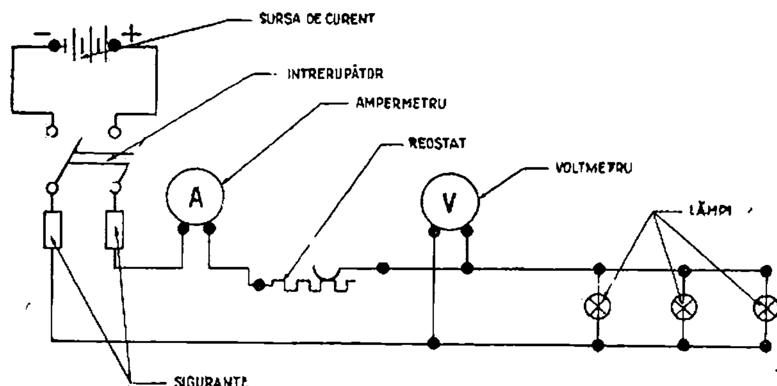


Fig. 36 b. — Schema instalaţiei

Deoarece fiecare din aceste forme de energie se măsoară cu unităţi de măsură diferite, la trecerea dela o formă de energie *A* la altă formă de energie *B*., trebue să ştim câte unităţi din *A* sunt egale cu o unitate din *B* sau invers.

Astfel, ştim că la transformarea lucrului mecanic în căldură sau invers, la 426 kgm corespunde o kilocalorie.

In cazul transformării energiei electrice în lucru mecanic sau invers, la puterea de 1 kW corespund 1,36 cal putere, adică 1,36×75=102 kgm/s, iar 1 joule = 0,102 kgm.

Vom afla mai departe cum se face calculul când se transformă energia electrică în energie calorică.

Exerciţii

Intrebări :

1. Să se calculeze rezistenţa unui conductor de cupru care are o lungime de 10 m şi o secţiune transversală (grosime) de 1 mm².

2. Să se calculeze rezistenţa unui conductor de fier care are o lungime de 10 m şi o secţiune transversală (grosime) de 1 mm².

---

1) Zis şi energie termică.

3. Care este rezistența unui conductor de aluminiu care are o lungime de 10 m și o secțiune transversală de 1 mm^2?

4. Care este rezistența sârmei de nichelină dintr'un vas pentru încălzit apa, care are o lungime de 10 m și secțiunea de 1 mm^2?

5. Ce lungime trebue să aibă aceeași sârmă pentru ca rezistența să fie de 6 Ω?

6. Ce secțiune trebue să aibă aceeași sârmă pentru ca rezistența să fie de 10 Ω?

7. O lampă electrică este legată cu sârme de cupru la tabloul electric. Distanța este de 15 m, iar secțiunea sârmei de 1,5 mm^2. Care este rezistența sârmei?

8. Dacă rezistența sârmei între tablou și lampă nu trebue să treacă de 1 Ω, la ce distanță maximă se poate instala lampa, secțiunea conductei fiind de 1,5 mm^2?

9. Distanța dela uzina electrică până la strada noastră este de 1,5 km. Ce rezistență au cei doi conductori electrici de cupru prin care vine curentul electric, știind că secțiunea este de 35 mm^2?

10. Care este cantitatea de cupru a celor doi conductori?

11. Care este curentul într'un circuit a cărui rezistență este de 1,5 și în care este o pilă galvanică de 2 V?

12. Un fier electric de călcat este legat la o priză, având tensiunea de 110 V. Curentul care trece prin rezistența fierului este de 3 A. Cât este rezistența?

13. Printr'un bec electric, legat la 110 V, trece un curent de 0,5 A. Cât este rezistența becului?

14. Prin sârma unui ampermetru trece un curent de 5 A. Rezistența sârmei fiind de 0,015 Ω, cât este tensiunea la bornele ampermetrului?

15. Care este rezistența unui fir de cupru lung de 10 m având secțiunea de 1 mm^2 la temperatura de 100°?

16. Dela contorul electric pleacă două sârme de câte 1,5 mm^2 pentru a alimenta o lampă electrică, instalată la 20 m, care absoarbe 5 A. Care este căderea de tensiune?

17. Tensiunea la contor fiind de 110 V, care este tensiunea la bornele lămpii?

18. Două surse de curent de 2 V și 6 V sunt legate în serie. Care este f. e. m. totală?

19. Două generatoare electrice de aceeași tensiune sunt legate în paralel. Unul produce 100 A, iar celălalt 150 A. Cât este curentul total?

20. Două rezistențe au 2 Ω și 5 Ω.

a) Dacă sunt legate în serie care este rezistența totală?

b) Dacă sunt legate în paralel care este rezistența totală?

21. Care este puterea dată de un curent electric de 5 A, tensiunea fiind de 10 V?

22. Un generator electric alimentează 10 becuri în derivație, absorbind fiecare 0,5 A. La bornele mașinii tensiunea este de 120 V. Care este puterea dată de generator?

23. Un electromotor este legat la tensiunea de 110 V și absoarbe 20 A. Care este puterea absorbită de motor?

24. O rezistență legată de tensiunea de 110 V absoarbe 600 W. Cât este intensitatea curentului?

25. Care este puterea absorbită de o rezistență de 2 Ω prin care trece

un curent de 5 A?

26. O sursă de curent de 6 V dă timp de 10 ore un curent constant de 5 A. Câţi kWh a produs?

27. Un bec electric la tensiunea de 220 V absoarbe 0,5 A. Câţi kWh consumă în 4 ore de funcţionare?

28. Un bec de 100 W. la tensiunea de 110 V ce curent absoarbe? Câţi kWh consumă într'o lună dacă arde zilnic 5 ore?

29. O uzină electrică produce un curent de 200 A la tensiunea de 6000 V. Care este puterea uzinei? Câţi kWh produce într'un an, ştiind că funcţionează zilnic 10 ore?

Răspunsuri

1. $R = \rho \frac{l}{s} = 0{,}0175 \times \frac{10}{1} = 0{,}175\ \Omega$.

2. $R = 0{,}130 \times \frac{10}{1} = 1{,}3\ \Omega$.

3. $R = 0{,}030 \times \frac{10}{1} = 0{,}3\ \Omega$.

4. $R = 0{,}40 \times \frac{10}{1} = 4\ \Omega$.

5. $l = \frac{RS}{\rho} = \frac{6 \times 1}{0{,}4} = 15$ m.

6. $S = \frac{\rho l}{R} = \frac{0{,}40 \times 10}{10} = 0{,}40$ mm².

7. $R = 0{,}0175 \times \frac{15 \times 2}{1{,}5} = 0{,}350\ \Omega$.

8. $R = \frac{2 \rho l}{s}$, iar $l = \frac{R s}{2 \rho} = \frac{1 \times 1{,}5}{2 \times 0{,}0175} = 43$ m.

9. $R = \frac{0{,}0175 \times 1500}{35} = 0{,}75\ \Omega$ pentru fiecare.

10. $G = V \times \gamma$ $V = 2 \times 150\,000$ cm $\times 0{,}35$ cm² $= 105.000$; cm³; γ este greutatea specifică a cuprului = 8,8 g/cm³.
$G. = 105\,000 \times 8{,}8 = 924\,000$ g, adică 924 kg.

11. $I = \frac{V}{R} = \frac{2}{1{,}5} = 1{,}33$ A.

12. $R = \frac{V}{I} = \frac{110}{3} = 36\ \Omega$.

13. $R = \frac{110}{0{,}5} = 222\ \Omega$.

14. $RI = 5 \times 0{,}015 = 0{,}075$ V.

15. Rezistența la 20° este $R = \frac{\rho\, l}{s} = \frac{0{,}0175 \times 10}{1} = 0{,}175$.

Creșterea de rezistență este:

$$0{,}175 \times 0{,}004 \times 80^{0} = 0{,}056\ \Omega.$$

Deci rezistența la 100° este:

$$0{,}175 + 0{,}056 = 0{,}231.$$

16. Căderea de tensiune $= RI$

$$R = 0{,}0175 \times \frac{2 \times 20}{1{,}5} = 0{,}47\ \Omega.$$

$RI = 0{,}47 \times 5 = 2{,}35$ V.

17. $U_{lampă} = U_{contor} - RI = 110 - 2{,}35 = 107{,}65$ V.

18. $E_{total} = 2 + 6 = 8$ V.

19. $E_{total} = 100 + 150 = 250$ A.

20. a) $R = R_1 + R_2 = 2 + 5 = 7\ \Omega$.

b) $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \times 5}{7} = 1{,}43\ \Omega.$

21. $P = UI = 10 \times 5 = 50$ W.

22. $P = UI$; $I = 10 \times 0{,}5 = 5$ A.
$P = 120 \times 5 = 600$ W.

23. $P = UI = 110 \times 20 = 2200$ W $= 2{,}2$ kW.

24. $P = UI$; $I = \frac{P}{U} = \frac{600}{110} = 5{,}45$ A.

25. $P = RI^2 = 2 \times 5^2 = 50$ W.

26. $T = UIt = 6 \times 5 \times 10 = 300$ Wh $= 0{,}3$ kWh.

27. $T = 220 \times 0{,}5 \times 4 = 440$ Wh $= 0{,}440$ kWh.

28. $I = \frac{P}{U} = \frac{100}{110} = 0{,}91$ A.
$T = P \times t = 100 \times 5 \times 30 = 15\,000$ Wh $= 15$ kWh.

29. $P = UI = 6000 \times 200 = 1\,200\,000$ W $= 1200$ kW.
$T = 1200 \times 365 \times 10 = 4\,380\,000$ kWh.

Intrebări recapitulative

1. Ce surse de curent electric cunoașteți?
2. Cum luăm cunoștință de curentul electric?
3. Ce aparate și mașini cunoașteți care folosesc curentul electric?

4. Care sunt elementele care caracterizează curentul electric? Dar un circuit electric?
5. Cum se măsoară intensitatea curentului electric?
6. Care este unitatea de intensitate a curentului electric?
7. Cum se calculează rezistența unui conductor?
8. Care este unitatea de măsură pentru rezistențe?
9. Ce este rezistivitatea?
10. Ce este forța electromotoare? Dar tensiunea?
11. Care este unitatea de măsură pentru tensiune?
12. Să se exprime legea lui Ohm.
13. Cum variază rezistența cu temperatura?
14. Ce sunt reostatele?
15. La ce servesc?
16. Prin ce este caracterizat montajul în serie? Dar cel în derivații?
17. Care sunt legile lui Kirchhoff?
18. Cum se adună rezistențele în serie? Dar cele în derivație?
19. Care este tensiunea mai multor forțe electromotoare egale, legate în paralel?
20. Care este tensiunea mai multor forțe electromotoare legate în serie?
21. Cum se leagă obișnuit receptoarele de curent? De ce?
22. Ce este căderea de tensiune? Cum se calculează?
23. Dece ne interesează căderea de tensiune dela sursa de curent până la receptoarele de curent?
24. Ce numim putere? Dar lucru mecanic?
25. Cum se calculează puterea unui curent electric? Dar energia?
26. Prin ce se caracterizează un receptor de curent?
27. Care este unitatea de putere folosită în electricitate? Dar cea de energie?
28. Ce deosebire este între kilowat și kilowattoră?
29. Contorul electric instalat în casă măsoară kilowați sau kilowattore?
30. Ce este energia? Ce forme de energie cunoașteți?
31. Ce transformări de energie cunoașteți?
32. Ce trebue să cunoaștem la transformarea unei forme de energie în alta?

III. EFECTUL CALORIC SAU TERMIC AL CURENTULUI ELECTRIC

23. Căldura prin curent electric. In experienţa pe care am făcut-o la capitolul II, am constatat că o sârmă legată la bornele unei surse de curent se încălzeşte şi se înroşeşte.

Această proprietate este de mare folos în tehnică. Dar nu ne putem mărgini numai la această constatare; trebue să stabilim ce cantitate de căldură se produce şi de cine depinde.

In felul acesta ne putem explica diferitele aplicaţiuni ale efectului caloric.

De aceea trebue să repetăm experienţa făcută, dar în condiţiuni mai complete.

Ne vom servi de o sursă de curent constituită din 3 elemente de acumulatoare (care legate în serie au 6V), de rezistenţe ohmice în formă de spirale de 1, 2 şi 3 Ω, de un ampermetru, un reostat, un întrerupător, un ceas exact (cronometru), şi de un calorimetru. Cunoaştem toate aparatele de mai sus, fiindcă le-am învăţat de curând. Despre calorimetru amintim că este un aparat cu ajutorul căruia măsurăm cantitatea de căldură produsă.

Căldura se măsoară în calorii. Kilocaloria este cantitatea de căldură pe care o absoarbe un kilogram de apă, pentru a se încălzi, cu un grad centigrad.

Un corp care se încălzeşte absoarbe căldură, iar când se răceşte, cedează căldură.

Calorimetrul este un vas în care se toarnă apă sau un alt lichid (de exemplu petrol) şi în care se pune corpul încălzit. Lichidul absoarbe căldura corpului şi atunci temperatura lui se ridică. Vasul este bine închis şi izolat ca să nu se piardă căldura.

Măsurând cu ajutorul unui termometru temperatura lichidului la începutul şi la sfârşitul experienţei, găsim diferenţa în grade şi apoi putem calcula numărul caloriilor cedate de corp.

Dacă, de exemplu, calorimetrul are 0,750 kg apă, iar temperatura s'a ridicat dela 15° la 25°, adică cu 10°, aceasta însemnează că corpul a cedat cantitatea de căldură: 0,75 kg × × 10° = 7,5 kcal, pe care a primit-o apa.

Aparatele de mai sus le legăm așa cum se arată în fig. 37.

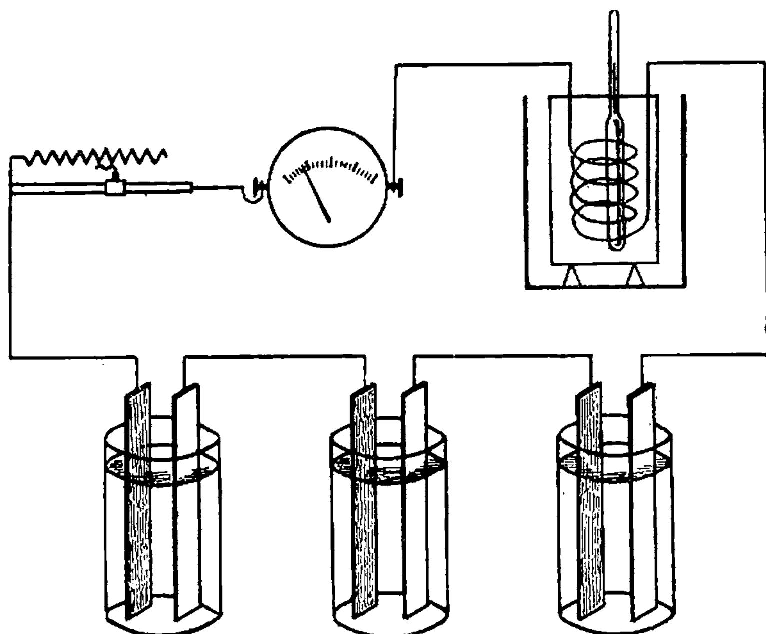


Fig. 37. — Determinarea efectului caloric (termic)

Cu ajutorul reostatului variem curentul care trece prin circuit și vom face măsurătorile pe rând cu rezistențele de mai sus, introduse în calorimetru.

Rezultatele unei asemenea experiențe sunt următoarele căldura produsă la trecerea curentului electric printr'un conductor depinde de rezistența lui R, de intensitatea I și de durata trecerii curentului t; cu cât R este mai mare cu atât căldura produsă este mai mare, cu cât t, durata experienței, este mai lungă, cu atât și căldura este mai mare; în ce privește I, observăm că dacă I se mărește de două ori, căldura produsă se mărește de

patru ori, la mărirea lui I de trei ori, căldura se mărește de nouă ori și așa mai departe.

24. **O altă lege foarte importantă.** Din experiențele de mai sus, vom deduce următoarea lege :

Cantitatea de căldură degajată la trecerea curentului electric printr'o rezistență, este proporțională cu rezistența conductorului, cu timpul de trecere al curentului și cu pătratul intensității curentului.

Aceasta este o lege foarte importantă în electricitate, legea efectului caloric, stabilită pentru prima dată de doi învățați, Joule (englez) și Lenz (rus) și de aceea se numește legea Joule-Lenz (1841—1844).

Deseori, fenomenul degajării de căldură datorit trecerii curentului electric printr'un conductor este numai și numai „efectul Joule-Lenz".

Dacă, pentru fiecare experiență, vom înmulți produsul RI^2t cu 0,00024 obținem tocmai pe Q, adică tocmai acea cantitate de căldură care s'a produs la trecerea curentului prin rezistență și pe care am măsurat-o în calorimetru.

Rezultatele de mai sus le putem exprima prin formula:

$$Q = 0{,}00024\ RI^2t,$$

în care :

Q = cantitatea de căldură kcal.
R = rezistența în Ω.
I = intensitatea curentului în A.
t = durata trecerii curentului în secunde.

Dacă t = 1 secundă, I = 1 A și $R = 1\ \Omega$, Q, cantitatea de căldură degajată de conductor este egală chiar cu 0,00024, care se numește *echivalent termic* al curentului electric.

Dar mai știm, din legea lui Ohm, că $R = \frac{U}{I}$. Să înlocuim în formula lui Joule-Lenz pe R prin $\frac{U}{I}$:

$$Q = 0{,}00024\ \frac{U}{I}\ I^2t = 0{,}00024\ UIt.$$

Prin urmare, cantitatea de căldură se poate calcula și cu ajutorul acestei formule, adică vom înmulți tensiunea aplicată unui conductor cu intensitatea care trece prin el și cu timpul

experienței socotit în secunde. Bine înțeles, nu vom uita să înmulțim și cu 0,00024.

Această formulă o vom întrebuința atunci când nu cunoaștem mărimea rezistenței.

Dar tot după legea lui Ohm, $I = \frac{U}{R}$. Să înlocuim în legea lui Joule-Lenz:

$$Q = 0{,}00024\ RI^2t = 0{,}00024\, R \frac{U^2}{R^2}\ t = 0{,}00024\ \frac{U^2}{R}\ t.$$

Iată deci și a treia posibilitate de calcul a căldurii: se ridică tensiunea la pătrat și se împarte prin rezistență, iar apoi se înmulțește cu t și cu 0,00024.

Formula o vom folosi când nu cunoaștem intensitatea curentului, ci numai tensiunea aplicată unui conductor și rezistența lui.

Se va întrebuința sau una sau alta, din formulele de mai sus, după datele circuitului pe care le cunoaștem.

Ne amintim că am învățat în capitolul II că UIt este lucrul produs de electricitate și măsurat în wattsecunde.

Dacă într'un circuit $U = 1$ V, $I = 1$ A și $t = 1$ s, formula $Q = 0{,}00024\ UIt$ ne dă:

$$Q = 0{,}00024 \times 1 \times 1 \times 1 = 0{,}00024 \times 1 \text{ wattsecundă.}$$

Aceasta ne arată că la 1 wattsecundă corespund 0,00024 kcal.

La 1 kWh vor corespunde:

3 600 000 × 0,00024 = 864 kcal

căci: 1 kW = 1000 W,

iar: 1 oră = 60 × 60 = 3600 secunde

și deci 1 kWh = 1000 × 3600 wattsecunde = 3 600 000 wattsecunde.

Deoarece kWh este unitatea obișnuit folosită pentru energia electrică, să ținem minte că:

La 1 kWh corespund 864 kcal.

Efectul caloric care l-am studiat are aplicații practice foarte importante.

Aceste aplicații au de scop producerea de căldură pentru diferite folosințe și uneori producerea de lumină.

25. **Lumina prin electricitate.** *Lampa cu incandescenţă.* Am constatat că la trecerea curentului electric printr'un fir de metal, acesta se încălzeşte şi devine incandescent. Dacă este încălzit foarte tare răspândeşte lumină.

Această proprietate este folosită de lămpile electrice, însă un fir adus în stare incandescentă nu poate fi ţinut liber în aer, căci, în contact cu oxigenul, se arde.

De aceea lămpile (becurile) electrice sunt făcute dintr'un fir (numit filament), închis într'un glob de sticlă, din care s'a scos aerul. Fig. 38 arată cum este fixat filamentul şi drumul curentului electric.

Firul trebue să se încălzească la temperaturi înalte, ca să emită lumină.

S'au încercat la început fire din diferite metale introduse într'o pară, sau glob de sticlă.

Din cauza temperaturilor mari, firele nu rezistau, nici chiar cele de platină, metal care se topeşte foarte greu.

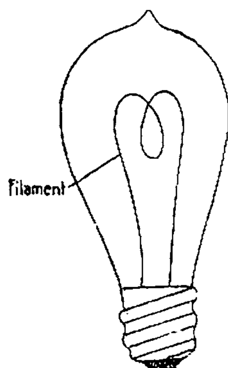


Fig. 38. — Bec cu filament de cărbune

De aceea mult timp s'au folosit lămpi cu fir de cărbune.

Durata unei asemenea lămpi este de aproximativ 600 ore de ardere. In acest timp, puterea luminoasă scade treptat prin pulverizarea cărbunelui. Lumina dată, faţă de curentul consumat, este mică.

Fizicienii şi tehnicienii au căutat să îmbunătăţească aceste lămpi. In ce fel? Au încercat să introducă în glob un gaz. Motivul introducerii unui gaz în globurile electrice, este următorul:

Filamentul încălzit până la incandescenţă se evaporează, sau, mai exact, se sublimează (astfel se spune despre un corp solid care trece în stare de vapori) şi această evaporare se face foarte repede, dacă temperatura este foarte mare.

Fenomenul evaporării are mai multe efecte:

— vaporii se depun pe pereţii globului, care se înnegresc, şi, deci, becul va da mai puţină lumină;

— filamentul se subţiază, deci rezistenţa lui se măreşte şi curentul scade; lampa va da mai puţină lumină;

— subţierea filamentului aduce ruperea lui.

Deşi temperatura de topire a cărbunelui trece de 3500° C, totuşi, din cauzele arătate, în lămpile cu vid nu s'a trecut de 1800° C. Efectul luminos creşte însă cu temperatura.

De aceea, fizicienii au încercat să introducă în bec un gaz sub presiune, care să împiedece o evaporare repede.

Un asemenea gaz trebuia să îndeplinească mai multe condiţii: a) să fie inert, adică să nu se combine cu materia filamentului; b) să nu conducă lesne căldura; c) să fie izolant şi d) să fie uşor de obţinut.

Mult timp nu s'a găsit gazul care să îndeplinească aceste condiţii şi de aceea s'au continuat încercările de a înlocui cărbunele. S'au făcut filamente din diferite metale, care se topesc greu: osmiu (1902), tantal (1905) şi apoi wolfram, denumit şi tungsten, care au temperatura de topire de vreo 3400° C.

Ultimul a devenit materialul obişnuit pentru becuri electrice, tras în fire foarte subţiri, chiar de o sutime de mm.

In becurile cu vid, filamentul de wolfram (tungsten) are temperatura mai mare, ceea ce a făcut ca asemenea becuri să dea efect luminos mai mare şi lumină mai albă, ca celelalte metale sau cele cu fir de cărbune.

Becurile de tipul nou au în interior un stâlp de sticlă, cu un rând de braţe mai jos şi alt rând de braţe mai sus. Firul de wolfram este întins în zig-zag între aceste braţe.

Intre timp, cercetările pentru găsirea unui gaz de introdus, au dus la rezultate satisfăcătoare.

S'a încercat mai întâi azotul, apoi azot amestecat cu argon, şi în urmă cu xenon, dar mai ales cu crypton.

Ce sunt aceste gaze: argon, xenon şi crypton? Ele se numesc *gaze rare*, şi se găsesc în aer, dar în cantitate foarte mică. Ele nu se combină cu niciun corp (se mai numesc, de aceea, inerte).

Gaze rare în atmosferă.

Gazul :	O parte de gaz se găseşte la următoarele părţi de aer :
Heliu	5 300 000
Neon	16 000 000
Argon	. 100
Crypton	1 000 000
Xenon	10 000 000

Introducerea gazelor inerte a însemnat un pas important în progresul becurilor electrice.

Trebue însă să mai vorbim şi de altă îmbunătăţire.

Am văzut că, la început, filamentul se executa în buclă

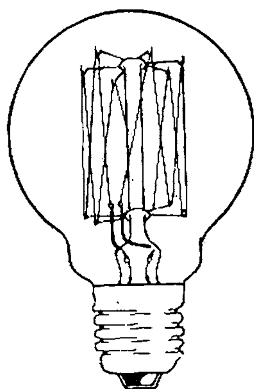


Fig. 39. — Bec cu filament metalic în zig-zag

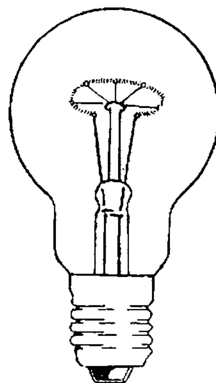


Fig. 40. — Bec cu filament spiralizat circular

simplă sau multiplă, iar apoi întins în zig-zag. Din cauza lungimei filamentului, globurile erau alungite sub formă de pară.

Dar un asemenea filament are o suprafaţă întinsă de contact cu gazul din interior, ceea ce are de efect o mare pierdere de căldură.

De aceea s'a ajuns la ideea de a răsuci filamentul în spirală, sau chiar în dublă spirală. Prin acest fel de fabricaţie se strânge foarte mult lungimea filamentului şi se reduce mărimea globului. Temperatura la suprafaţa sticlei atinge aproximativ 150° C.

Se construesc diferite forme de becuri. Cele mai obişnuite sunt cele cu glob rotund.

Se construesc becuri speciale în formă de lumânare, becuri pentru reflectoare, lămpi de buzunar, pentru aparate cinematografice, etc.

Sticla globurilor poate fi albă sau lăptoasă (opacă).

In sfârşit, sunt şi becuri cu totul deosebite: în formă de tub. Ele se fixează de obiceiu mai multe, cap la cap, sau unul lângă altul, formând linii de lumină.

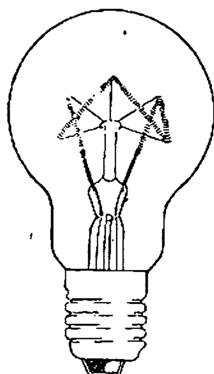


Fig. 41. — Bec cu filament spiralizat în zig-zag

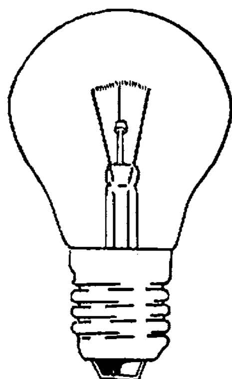


Fig. 42. — Bec cu filament dublu spiralizat

Se folosesc pentru a da o înfăţişare plăcută diferitelor părţi ale unei încăperi: expoziţii, săli de teatru, etc.

Un bec electric primeşte curentul prin *soclu*, care este introdus într'o piesă numită *dulie*.

Ele sunt de două forme: soclu cu şurub şi soclu baionetă.

La noi se foloseşte numai primul. Acest soclu este de trei mărimi: mic (notat cu E 14), normal (E 27) şi mare (Goliat; E 40). Becurile de peste 300 W au soclu Goliat.

In rezumat, astăzi, becurile se fac cu filament de wolfram (tungsten) cu o singură sau o dublă spiralizare.

Becurile mici se fac cu vid, iar cele mai mari sunt umplute cu crypton sau cu amestec de azot şi argon.

Datorită acestor perfecţionări, efectul luminos al becurilor a crescut foarte mult, iar dimensiunile globului au fost reduse simţitor.

Mărimea unui bec este dată prin cantitatea de flux luminos,

măsurat în lumeni, sau decalumeni, (1 *decalumen* = 10 *lumeni*), *pe care poate să-l producă; sau după puterea în wați absorbită.*

Lumenul se însemnează prescurtat lm, iar decalumenul, care are 10 lumeni, se însemnează prescurtat Dlm.

Intre cantitatea de lumeni produși (Dlm) și puterea absorbită (W) sunt următoarele echivalente pentru becurile cu krypton:

Tensiunea:	Efectul luminos: (Dlm)	Consumul: (W)
110—120 V	40	31
	65	45
	100	64
220—230 V	40	36
	65	53
	100	73

Durata mijlocie a unui bec este de 1000 ore de ardere. Becurile care sunt instalate în locuri unde sunt supuse la trepidații au viață mai scurtă. In asemenea locuri trebue puse becuri speciale, care au un filament mai rezistent.

Contactul becului încălzit cu picături reci de ploaie, sau de fulgi de zăpadă, provoacă crăparea sticlei. De aceea, becurile expuse în aer liber se închid de obiceiu în globuri, care au rolul să le protejeze. Temperatura filamentului incandescent spiralizat este, la becurile umplute cu argon și krypton, de 2400°—2700°, față de 2100° la lămpile cu filament metalic în zig-zag în vid și față de 1800° la becurile cu filament de cărbune în vid.

Becurile cele mai puternice care s'au construit sunt acelea pentru luminatul terenurilor de aviație, care au ajuns până la 10 kW, iar pentru fotografiat, lămpi între 2—10 kW producând 4 Dlm/W, dar cu viața foarte scurtă (de maximum 2 ore).

In rezumat, luminatul electric, cu care suntem obișnuiți, se bazează pe următoarele:

— un filament este încălzit la o temperatură foarte ridicată, la care emite lumină;

— pentru ca filamentul să nu ardă, este ferit de contactul cu oxigenul și de aceea este bine închis într'un glob de sticlă.

Am arătat îmbunătățirile treptat introduse în fabricația lor.

Când dorim să cumpărăm un bec electric trebue să indicăm următoarele date:

Tensiunea la care va fi folosit, mărimea becului în wați sau

lumeni, felul lui (glob, lumânare, etc.) şi felul sticlei (albă sau lăptoasă).

26. **Arcul electric.** In circuitul unei surse de curent se montează două creioane din cărbune sau din metal, denumite *electrozi*, punându-le vârfurile în contact. Inchidem întrerupătorul, dacă va trece un curent electric, îndepărtăm puţin creioanele. Curentul electric, obligat a trece pe această porţiune, prin aer, întâmpină o rezistenţă foarte mare, ceea ce are de efect o mare încălzire locală, aşa cum ne explică legea Joule-Lenz. Dacă mai îndepărtăm puţin electrozii, vom constata că între vârfuri apare o lumină foarte puternică, boltită în sus, dacă electrozii sunt orizontali. Acesta este *arcul electric* sau *arcul voltaic.*

S'a măsurat că electrodul pozitiv poate ajunge până la o temperatură de 4200° C, pe când cel negativ numai la vreo 2700° C. Treptat, prin funcţionare, capetele cărbunelui se ard

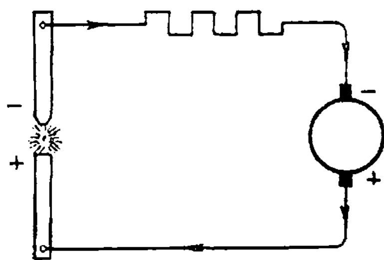


Fig. 43. — Arcul electric


Fig. 44. — Electrozii de cărbune

şi de aceea ele trebue continuu apropiate printr'un mecanism automat. Prin funcţionare, electrodul pozitiv se găureşte la capăt (în formă de crater) pe când cel negativ se ascute, dacă lampa este alimentată cu un curent continuu.

Intru cât şi temperatura este mult mai mare la electrodul pozitiv, acesta se uzează mai repede;de aceea, pentru a egala uzura, se face mai gros decât cel negativ.

La curent alternativ această deosebire dispare.

S'au făcut diferite îmbunătăţiri la lămpile cu arc.

Astfel, aerul ajunge liber la arc, obişnuit; dar s'au construit

şi lămpi aproape închise, la care accesul aerului este îngreunat, iar consumul de cărbune mai mic.

In loc de electrozi de cărbune, la lămpi speciale se folosesc şi electrozi de metal. Arcul electric a fost mult timp folosit pentru luminatul străzilor, al curţilor, etc.

In urma perfecţionării lămpii incandescente, lampa cu arc a fost înlocuită din aceste întrebuinţări.

Acum mai este folosită în aparatele de proiecţie.

Luminatul electric a fost o invenţie foarte importantă, care a adus o mare înlesnire oamenilor. Străduinţele pentru perfecţionarea lui au fost de lungă durată.

Intre timp apăruseră maşinile producătoare de curent electric şi s'a introdus luminatul cu arc voltaic, inventat din 1803 de savantul rus Petrov, şi pus în aplicare peste vreo şaptezeci de ani de Iablocicov.

Dar luminatul cu arc voltaic are multe neajunsuri. Lampa cu incandescenţă a dat îndelung de gândit inventatorilor. Primul dintre ei a fost Alexandru Lodâghin, unul dintre cei mai mari inventatori ruşi, născut la 1847. El a construit lămpi cu cărbune incandescent, pe care le-a instalat pe o stradă mărginaşă a oraşului său.

In cartea „Ţara Electricităţii" de autorul sovietic G. Babat, se pot afla multe lucruri despre istoricul luminatului electric.

27. **Incălzitul prin electricitate.** Sunt două procedee de încălzit: *arcul electric*, dar mai ales încălzitul prin *rezistenţe electrice*. Temperaturile care se cer în industrii le putem împărţi în trei clase:

— temperaturi joase până la 400° C;

— temperaturi mijlocii dela 400° — 1150° C;

— temperaturi înalte peste 1150°C (temperaturile de topire a unor metale).

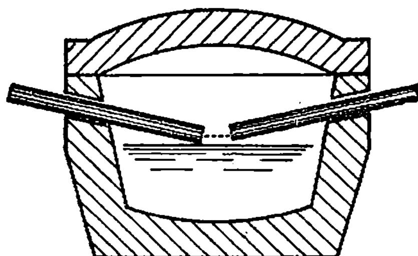
Curentul electric este folosit în tehnică pentru a produce temperaturi înalte în cuptoare industriale.

Cuptoare cu arc. Arcul electric, producând temperaturile înalte pe care le-am arătat, este întrebuinţat pentru a topi metale şi alte corpuri care cer multă căldură.

Căldura se obţine prin trecerea curentului în spaţiul dintre două corpuri conducătoare, denumite electrozi.

La pornire, electrozii sunt apropiaţi şi în contact, pe urmă

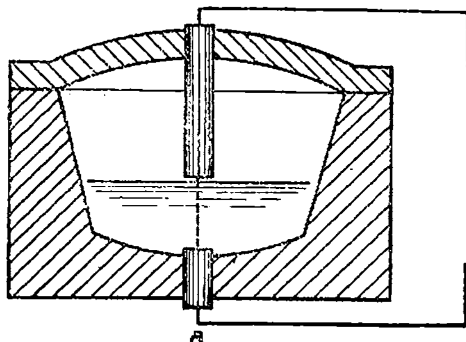
se depărtează. Se construesc cuptoare denumite cu arc dublu, la care arcul se produce între doi electrozi, fără a atinge materia care trebue încălzită.


Fig. 45. — Cuptor cu arc dublu

Se construesc şi cuptoare cu arc indirect, la care arcul se produce între electrod şi materia care trebue topită.

Dacă în interiorul cuptorului se menţine o presiune ridicată, se obţin temperaturi mari (chiar 6000° C).

Cuptoarele cu rezistenţe au de obiceiu forma unei camere închise sau deschise sus, în care sunt introduşi electrozii ficşi sau mobili (pot fi coborîţi sau ridicaţi), pătrunzând în materialul adus în cuptor.



Rezistenţa este constituită, în acest caz, chiar de materialul ce trebue topit. Alteori, cuptorul are rezistenţe care sunt acoperite de materialul ce trebue prelucrat. Pe la partea de jos se scurge produsul obţinut.

In toate cuptoarele, pe lângă electricitate se consumă şi mari cantităţi de electrozi.

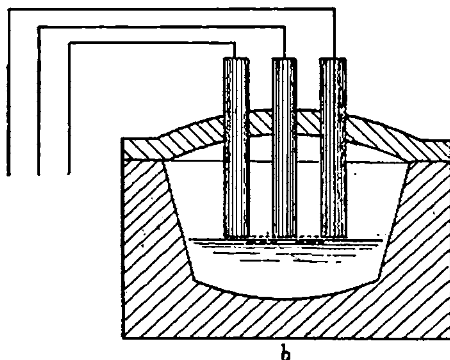


Fig. 46 a, b. — Cuptor cu arc indirect

La încălzitul cu ajutorul rezistenţelor electrice, uneori acestea sunt în contact direct cu corpurile supuse încălzirii, alteori

nu sunt în contact direct. Atunci se numeşte *încălzit indirect*. In acest caz, căldura ajunge la ele prin radiaţie (precum încălzitul de la cărbunii înroşiţi) sau prin mişcarea aerului încălzit (precum încălzitul unei camere dela o sobă).

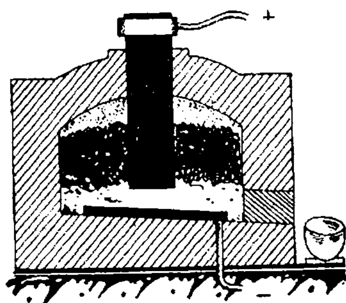


Fig. 47. — Cuptor cu rezistenţe

Rezistenţele folosite pentru temperaturile joase şi medii sunt aliaje de diferite metale, mai des din crom şi nichel.

Pentru temperaturile foarte înalte, se fac din molibden, grafit, carbură de siliciu, tungsten (cu acesta se poate ajunge la 2000° C).

Cuptoarele electrice au diferite întrebuinţări :

In industria metalurgică.

F a b r i c a r e a f o n t e i. In mod obişnuit, fonta se obţine în aşa numitele cuptoare înalte, din minereuri de fier, încălzite cu cocs sau cu cărbune de lemn. In locul acestor combustibili, încălzirea se poate face electric în cuptoarele de felul celor mai sus arătate.

P r o d u c e r e a o ţ e l u l u i. Oţelul se poate obţine în cuptoare cu arc, realizându-se produse de calitate superioară, fără impurităţi.

I n c ă l z i r e p e n t r u p r e l u c r a r e. Lingourile, biletele, platinele şi ţaglele pot fi încălzite în cuptoare electrice în vederea laminării, forjării sau altor prelucrări.

In industria mecanică. Se folosesc cuptoare electrice pentru tratamente termice, coacere, călire, revenire, cimentare etc., pentru turnătorii la topirea fontei, oţelului, bronzurilor, pentru uscat miezurile.

In industria chimică cuptorul electric serveşte pentru a obţine diferite produse.

Feroaliajele sunt combinaţii ale fierului cu diferite alte corpuri : siliciu, mangan, crom, tungsten.

Ele sunt folosite ca desoxidant, pentru a îndepărta unele corpuri străine, vătămătoare, sau pentru a introduce în oţeluri unele corpuri necesare, spre a le da calităţi superioare.

F e r o s i l i c i u l este cel mai întrebuinţat: se fabrică din

silice, cocs și fier vechiu, care sunt încălzite împreună în cuptoare.

Consumul de electricitate este mare: între 5500 kWh-13 500 kWh pentru fiecare tonă de aliaj.

Feromanganul se face din minereu de mangan, cocs și fier vechiu.

Consumul de electricitate este mare: de 6500-8000 kWh pe tonă.

Ferocromul, ferotungstenul se fac prin procedee asemănătoare.

Țara noastră, având silice corespunzătoare și mangan, poate deveni porducătoare de feroaliaje, care, după cum am arătat, cer mari cantități de electricitate.

Grafitul artificial este un produs prin încălzirea cărbunilor obișnuiți fără contact de aer, la temperatura de 2500°C. Grafitul se consumă în mare cantitate în electrotehnică: electrozi, perii pentru mașini electrice, etc.

Carborundul, necesar ca abraziv pentru șlefuire, se obține din cărbune și nisip de silice.

Fixarea azotului. Trecând un curent de aer printr'un arc electric la temperatura înaltă de cca 3000°C, o parte din oxigen se combină cu azotul, formând oxid de azotat. Acesta este întrebuințat apoi pentru fabricarea acidului azotic și alți compuși ai azotului, folositori ca îngrășăminte în agricultură, etc. Acest procedeu necesită mari cantități de electricitate.

In industria ceramică. La fabricarea de porțelan, sticlă, plăci de pardoseală, etc. La operațiuni de finisaj, piesele mecanice, pentru a fi protejate împotriva umezelii și pentru a avea o formă frumoasă se acopere prin: emailare, vernisare, lăcuire sau zincare.

Cuptorul electric dă foarte bune rezultate pentru aceste operațiuni.

28. **Diferite alte aplicații ale încălzitului electric.** Nu numai în industrie, dar și în alte domenii se întrebuințează încălzitul prin electricitate.

Astfel este fierul de călcat, plite și cuptorul electric, încălzitorul de apă, radiatorul, vasul pentru încălzit și multe altele, mai puțin folosite: perina de încălzit electrică, uscătorul de păr, etc.

Toate aceste aparate sunt constituite dintr'o rezistență electrică, de forme felurite, prin care trece curentul electric.

Datorită efectului Joule-Lenz, rezistența se încălzește, iar căldura produsă se transmite mai departe, acolo unde este necesar.

Vom descrie mai amănunțit câteva din aparatele cele mai folosite:

Plita electrică. Rezistența este așezată în spirală în șanțurile unei plăci de ceramică, izolantă.

Prin trecerea curentului electric se înroșește și răspândește căldură prin radiere.

Acest fel de plită are avantajul că sursa de căldură se vede; are însă desavantajul că rezistența poate fi atinsă și deci poate fi ușor vătămată.

S'au fabricat plite la care rezistența este înnecată într'o masă de ceramică și apoi totul este introdus sub o placă de fontă. Transmiterea căldurii la vasul de încălzit se face prin conductibilitate. Are desavantajul că trebue vase de gătit cu fundul foarte neted, pentru ca trecerea căldurii să se facă lesne.

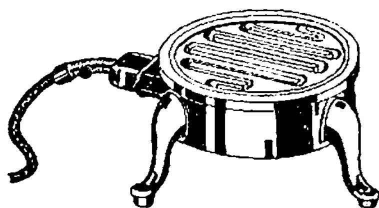


Fig. 48. — Plită electrică

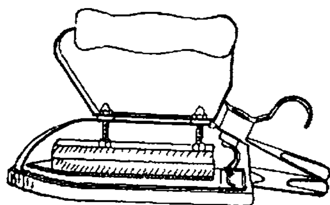


Fig. 49. — Fier de călcat desfăcut

S'au fabricat și plite la care rezistența este introdusă într'un tub de metal izolant și care se înroșește prin încălzirea rezistenței, răspândind căldura prin radiație.

Acest mod de fabricație este cel mai avantajos, deoarece rezistența este protejată.

Fierul de călcat. Partea lui cea mai importantă este rezistența, care este o sârmă din crom-nichel, rezistentă la temperaturi mari. Ea este montată între două plăci izolante, rezistente la temperatură, și este așezată în talpa fierului.

Curentul electric ajunge prin priză la rezistență. Legătura între priza fierului și instalația electrică se face printr'o conductă în formă de cordon.

Vasul de fiert. Rezistenţa, învelită într'o materie izolantă şi rezistentă la temperaturi mari, este închisă la partea de jos a vasului, de unde căldura se transmite la lichid.

Incălzitorul de apă este de mai multe feluri. Tipul cel mai obişnuit încălzeşte apa la 85°C în 7—8 ore de funcţionare. După ce această temperatură

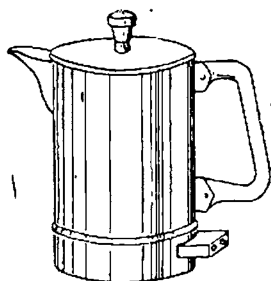


Fig. 50. — Vas de fiert

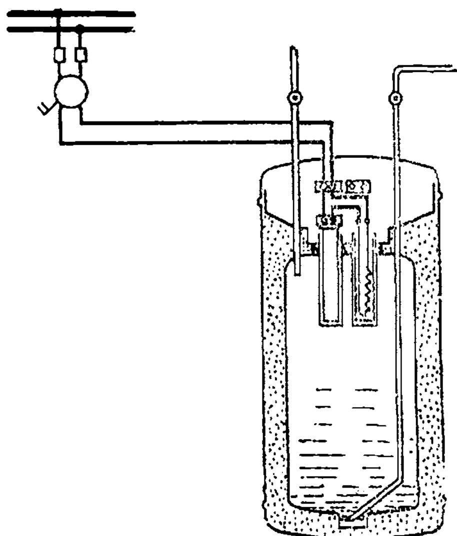


Fig. 51. — Incălzitor de apă

a fost atinsă, un întrerupător automat întrerupe circuitul. Rezervorul încălzitorului este bine izolat, ca să nu să piardă căldura.

Radiatoarele electrice au şi ele diferite forme şi mărimi. Indărătul rezistenţelor este de obiceiu o suprafaţă lucie, care concentrează razele de căldură.

Toate aparatele electrice sunt foarte lesne de folosit. Ele uşurează mult munca unei gospodine.

Dar asemenea aparate se folosesc şi în alte locuri; de exemplu, bucătăriile mari sunt întrebuinţate pentru cantine, restaurante, spitale, etc.

In asemenea locuri se folosesc şi cazane electrice de încălzit.

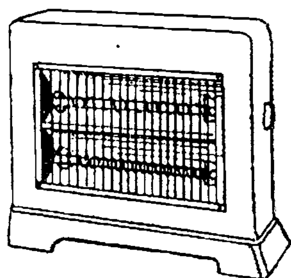
Incălzitorul de apă este de asemenea folosit în laboratoare, spitale.

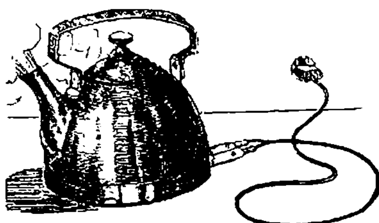
29. **Caracteristica încălzitului cu electricitate** este următoarea :

1. Nu se produce o ardere şi deci nu se iveşte nici fum şi nici gaze de ardere.

2. Se pot obţine lesne temperaturi foarte mari, dacă pereţii încăperii încălzite sunt destul de rezistenţi.

3. Se produce o încălzire uniformă şi temperatura necesară se poate menţine destul de exact.


Fig. 52 — Radiator


Fig. 53. — Ceainic

4. Este un încălzit curat, sigur şi uşor de manevrat.

5. Nu are nevoie de instalaţii complicate: cazane, focare, combustibil şi deci se poate aşeza lesne, acolo unde este necesar, etc.

Acolo unde sunt necesare cantităţi mici de căldură electricitatea este cea mai avantajoasă. De exemplu, pentru nevoile unei gospodării este indicat să se folosească: vasul de încălzit, apoi plita, cuptorul electric, radiatorul electric şi chiar aparatul pentru încălzit apa de baie şi alte aparate.

In industriile care au nevoie de cantităţi mari de căldură electricitatea nu este avantajoasă decât dacă preţul ei este ieftin.

Preţuri ieftine nu se pot obţine însă, decât construind centrale mari. In planul de perspectivă al R. P. R. sunt prevăzute asemenea centrale.

30. **Sudura electrică.** O aplicaţie de mare importanţă industrială a curentului electric este la sudura electrică. Sudura este procedeul de a îmbina două piese de metal, la cald, cu adaus de metal, astfel ca legătura să formeze cu piesele o singură bucată omogenă.

Pe lângă sudura autogenă (cu flacără de acetilenă în oxigen) a luat o foarte mare extindere şi sudura electrică.

Am văzut cum se produce arcul voltaic. Precizăm: oridecâte-

ori un circuit, prin care trece un curent electric, se rupe (se deschide), în acel loc se produce o descărcare luminoasă și de înaltă temperatură (cca 3000° C). Descărcarea,adică scânteia sau flacăra, are forma de arc (de unde îi vine și numele).

Sudura se poate face prin mai multe metode. Arcul se produce între doi electrozi de cărbune și încălzește marginile pieselor de îmbinat, sau arcul se produce între un electrod de cărbune și una din piesele de sudat.

Procedeul folosit mai mult este acela experimentat de inginerul rus Slavianoff, la care arcul electric se produce între un electrod de metal și una din piesele de sudat.

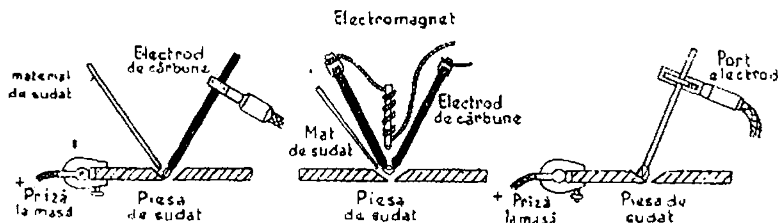


Fig. 54. — Sudura cu arc

După cum ne amintim din legea lui Joule-Lenz, căldura produsă depinde de rezistență și de pătratul intensității curentului. De aceea, la sudură vom avea curenți mari, chiar sute de amperi, iar tensiunea redusă, 20-40 V. (Astfel, pentru a suda una peste alta două bucăți de tablă de câte 10 mm grosime, este necesar un curent de 150 amperi).

Un pol al sursei de curent electric este legat la una din piesele de sudat printr'o priză de masă, iar celălalt la un electrod de metal.

Arcul produs între acestea topește electrodul de metal și metalul astfel topit leagă piesele ce trebue sudate. Electrodul este prins într'un fel de cleşte, port-electrodul, pe care sudorul îl ține în mână. Pentru a-l feri de lumina arcului electric, vătămătoare pentru ochi, sudorul are nevoie de o mască, sau de ochelari speciali.

In arcul voltaic se produc raze ultraviolete și infraroșii periculoase pentru ochi. Dar, înafară de aceasta, lumina flăcării este atât de puternică, încât, privită direct, împiedecă pe sudor

să mai vadă locul de lucru. De aceea apărătoarea trebue să aibă un geam special, cu o anumită compoziție, iar nu o sticlă colorată, obișnuită.

Inafară de mască, sudorul trebue să aibă și mănuși lungi de piele, care-l apără de arsuri, precum și un șorț de piele. Atelierul în care se lucrează trebue să fie ventilat, căci se degajă fum și vapori de metal, vătămători.

In timpul executării sudurii se formează o sgură, care se îndepărtează cu un ciocănel și o perie de sârmă.

Pentru executarea unei bune suduri, se cere o alegere potrivită a electrozilor, a intensității curentului și a tensiunii, după felul pieselor de sudat și grosimea lor.

Electrozii, care servesc la sudură, sunt îmbrăcați de obiceiu într'o substanță. Fără înveliș, sudura nu este satisfăcătoare. Substanța îmbrăcămintei este compusă din amestecuri, care diferă, după fabrica producătoare.

Rolurile ei sunt: a) să ușureze pornirea și menținerea arcului, b) să formeze prin topirea ei o apărătoare, împiedecând contactul cu oxigenul și azotul din aer, și, în sfârșit, c) să dirijeze arcul.

Se fabrică foarte multe feluri de electrozi. In totdeauna ei trebue aleși după natura metalului pieselor ce sunt de sudat.

Curentul întrebuințat este cel continuu sau cel alternativ. Curentul continuu este produs de obiceiu de mașini rotative : motor care acționează un generator de curent continuu. Motorul poate fi electric și atunci se leagă la rețeaua electrică, sau un motor cu ardere internă (cu explozie sau Diesel).

Grupul acesta este de obiceiu mobil, instalat pe un cărucior cu roate.

Curentul alternativ se obține cu un aparat, care nu se mișcă (static), și anume cu ajutorul transformatorului, care se leagă la rețeaua electrică.

Din cele arătate mai sus rezultă că o instalație de sudură se compune din : port-electrod, priză de masă, aparatul care produce curentul, cu accesoriile lui, voltmetru, ampermetru, precum și accesoriile sudorului.

Dar, înafară de sudura electrică prin arc, se mai folosește în tehnică și sudura denumită prin *rezistență electrică* și care se face cu ajutorul unor mașini speciale, prin trei metode: a) sudura cap la cap; b) sudura prin cusătură; c) sudura prin puncte.

In sudura cap la cap, piesele sunt în contact și prin ele se trece un curent de intensitate foarte mare, iar tensiunea este numai de 1—3 V.

Din cauza rezistenței la contact și a intensității mari se degajă o cantitate de căldură importantă, care înmoaie capetele, iar prin presarea lor se va suda.

Se mai întrebuințează mașini pentru sudat prin puncte, folosite pentru tablă de maximum 10 mm.

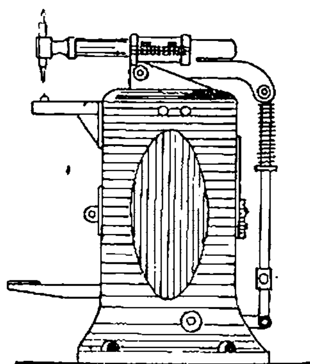


Fig. 55. — Mașină pentru sudat prin puncte

Tablele de sudat trec prin fața unui electrod ținut de un braț, care poate fi manevrat. Când se lasă în jos, presează tablele în punctul de contact, iar un curent electric trece și prin căldura degajată produce sudura. Se ridică apoi brațul și tabla este împinsă mai departe, etc.

Operațiunea se aseamănă cu nituirea.

In sfârșit sunt și mașini pentru sudură prin cusătură, la care electrozii sunt role și fac contact continuu între piesele de sudat.

După cum se vede, la sudura

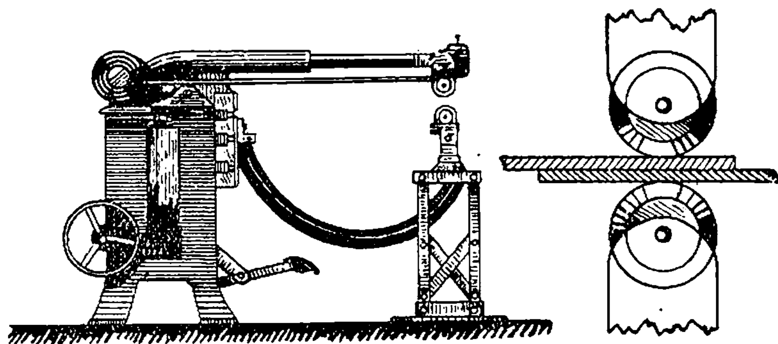


Fig. 56. — Mașină de sudat prin cusătură

prin arc este necesar să obținem topirea unui metal prin căldură, pe când la sudura prin rezistență, piesele încălzite electric trebue și presate, spre a se îmbina.

Sudura electrică este un procedeu de lucru cu mari foloase în industrie.

Piesele sudate electric au rezistența mai mare decât acelea sudate prin alte mijloace, se pot obține construcții mai ușoare, timpul de lucru este mai scurt, etc.

Iată un exemplu de economie: Două piese de fier, având grosimea de 20 m^2, spre a fi sudate la forjă are nevoie de 2 kg cărbuni, adică 2×6000=12 000 calorii.

Pentru sudura electrică este nevoie de 1 kWh, adică 860 kcal. Durata lucrului la sudura electrică este aproximativ 1/8 din durata lucrului la forjă.

Sudura înlocuește bulonarea sau nituirea pieselor. Ea este folosită pentru îmbinat țevi, pentru executat rezervoare, căldări de abur, pentru diferite construcții de metal (de exemplu: poduri, schelete de case, etc.), pentru construirea vagoanelor, pentru construirea avioanelor, pentru îmbinat șinele de tramvaiu și pentru a repara diferite piese sau mașini rupte. Astăzi, chiar vapoarele se fac din table sudate.

Sudura electrică se folosește în special pentru oțeluri; piesele de fontă spre a se putea suda trebue încălzite.

Pentru metale neferoase, sudura se întrebuințează mai rar și anume pentru cupru și aluminiu. Și despre istoricul sudurii electrice, se pot afla lucruri interesante în cartea „Țara Electricității".

Poate în niciun alt domeniu al electrotehnicei contribuția geniului științific al marelui popor prieten dela răsărit nu a fost mai larg răspândită în lumea întreagă ca în sudura electrică. Intr'adevăr, însăși părinții sudurii electrice cu arc, Benardos și Slavianov, au fost ruși. Petrov publică în 1803 o lucrare: „Cunoștințe despre experiențele cu elemente galvanice săvârșite de profesorul Vasile Petrov" cu o baterie uriașă, formată din 4200 elemente de cupru și zinc. El arată posibilitățile de a întrebuința curentul electric la topirea metalelor.

Pe la 1885 Benardos, savant rus, brevetează sistemul său de sudură cu un electrod de cărbune.

In 1890 inginerul rus Slavianov a propus cea mai fundamentală îmbunătățire a sudurii cu arc înlocuind electrodul de cărbune cu un electrod metalic.

Cercetările în domeniul teoriei și principiilor sudurii cu arc s'au întreprins încă din primii ani ai regimului sovietic.

In această primă perioadă cercetările conduse de V. P. Nichitin s'au îndreptat asupra caracteristicelor electrice ale arcului, asupra condițiilor de stabilitate și asupra caracteristicei sursei de curent. O altă serie de lucrări teoretice și experimentale au fost efectuate de marii specialiști sovietici G. M. Tihodaev, Hrenov și Alev.

In 1924 s'a pus în U. R. S. S. problema întrebuințării la sudura cu arc a curentului alternativ, ceea ce a permis întrebuințarea transformatoarelor electrice pentru a căpăta curentul necesar.

Pentru întrebuințarea metodelor de lucru se țin în U.R.S.S. consfătuiri periodice de specialiști, chiar și pe republici, cum a fost aceea din Octombrie 1947, care a avut rodnice rezultate în sudura electrică automată.

31. **Incălzirea conductelor electrice.** Am văzut până acum o serie de aparate care se folosesc de curentul electric.

Aparatele sunt legate de sursa de curent prin sârmă sau cabluri (adică sârme cu înveliș mai gros, izolant), pe care le denumim *conducte electrice.*

Și ele au o rezistență electrică și deci și ele se vor încălzi la trecerea curentului. Dar dacă aceste conducte s'ar încălzi până la incandescență, ca filamentul lămpilor, ar propaga focul obiectelor din apropierea lor.

Orice sârmă electrică se încălzește la trecerea curentului, dar în același timp căldura se răspândește în aer. Această pierdere de căldură este cu atât mai mare cu cât conducta este mai groasă căci are o suprafață de contact cu aerul mai mare. Dacă intensitatea curentului este prea mare, conducta primește mai multă căldură decât pierde, și temperatura crește până la incandescență, chiar până la topirea metalului.

Pentru ca aceasta să nu se întâmple, *trebue ca să se limiteze intensitatea de curent, după grosimea firului.*

S'a constatat prin experiență că printr'o sârmă groasă de 1 mm^2 izolată, folosită la instalații, poate să treacă oricât timp un curent de maximum 11 A, fără ca să se încălzească prea mult. Printr'o sârmă de 1,5 mm pot trece 14 A și așa mai departe, după cum se vede în tabela 3.

Faptul că o sârmă de o anumită grosime nu poate suporta decât un anumit curent maxim, ne servește la protejarea instalațiilor electrice prin cunoscutele *siguranțe.*

TABELA 3

Intensitățile de curent în conducte normale izolate cu cauciuc.

Grosimea conductei mm²	Intensitatea maximă A	Intensitatea siguranței A
0,75	9	6
1	11	6
1,5	14	10
2,5	20	15
4	25	20
6	31	25
10	43	35
16	75	60
25	100	80
35	125	100
50	160	125
70	200	160
95	240	200
120	280	225
150	325	260
185	300	300
240	450	350
300	525	430
400	640	500
500	760	600
625	880	700
800	1050	850
1000	1250	1000

Cea mai simplă siguranță este un fir metalic fuzibil (care se topește), introdus în circuitul electric ce trebue protejat. El are o anumită grosime, corespunzătoare curentului maxim, pe care dorim să-l limităm.

La trecerea unui curent mai mare, firul fuzibil se încălzește și se topește, întrerupând trecerea curentului.

In practică, orice siguranță se compune dintr'un soclu, pe care sunt fixate două contacte, pentru intrarea și ieșirea curentului. Intre contacte se introduce fuzibilul, care poate fi un fir sau o lamelă de metal.

Fuzibilul poate fi în aer liber sau poate fi închis într'un dop (patron) sau într'un tub.

Fuzibilele sunt făcute din diferite aliaje ale diferitelor corpuri: bismut, plumb şi cositor, în diferite proporţii. Temperatura lor de topire variază după aliaj, dela 60—200° C.

La intrarea în casă a cablului dela uzină, sau la ramifica-

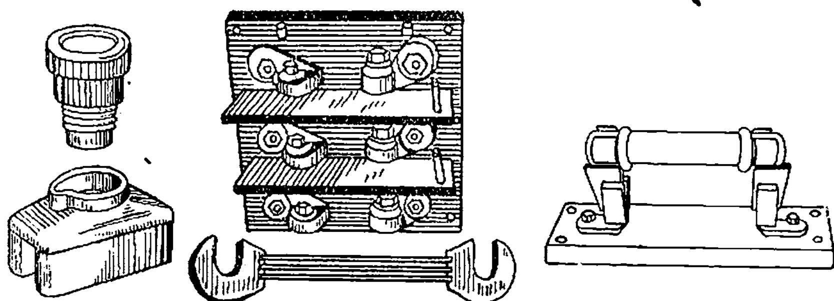


Fig. 57. — Siguranţă în aer liber Fig. 58. — Siguranţă închisă în tub

ţiile circuitelor, găsim instalate tablouri cu siguranţe, de tip închis.

Curentul în fiecare conductă trece prin siguranţă şi apoi îşi continuă drumul mai departe.

O astfel de siguranţă, de tip închis, se compune din trei părţi:

— un corp de porţelan, care se fixează pe tablou şi care are două contacte, la care se leagă conducta care vine şi cea care pleacă;

— un dop de porţelan;

— un capac.

Corpul este găurit, iar la fund are un contact de metal, de care se leagă una din conducte.

Peretele interior este o cămaşă de metal, de care se leagă cealaltă conductă.

Dopul de porţelan are fixată în interior o sârmă de o anumită grosime.

Capacul se înşurubează în corp, printr'o parte de metal, şi strânge înăuntru dopul. Un capăt al firului din dop este în atingere cu contactul dela fund, iar celălalt capăt cu contactul lateral al corpului siguranţei.

Curentul care vine printr'o conductă trece deci printr'unul

din contacte, prin firul dopului fuzibilului, apoi prin celălalt contact şi prin a doua conductă.

Dacă curentul care trece prin fuzibil este prea mare, fuzibilul se topeşte şi întrerupe automat circuitul.

Căutăm atunci cauza care a produs mărirea curentului şi o îndepărtăm. După aceea înlocuim dopul cu firul ars prin altul nou.

Siguranţa este, deci, un mijloc de protecţie al instalaţiilor electrice.

In dop se mai găseşte un fir, care este legat de un mic semn colorat. Şi acest fir se topeşte la curent prea mare, iar semnul colorat cade. In felul acesta, fără a desface capacul, se vede lesne că siguranţa s'a ars.

Siguranţele sunt calibrate, adică o anumită siguranţă se instalează pentru o anumită instalaţie electrică.

Siguranţele trebue folosite întotdeauna cu dopuri de fabrică.

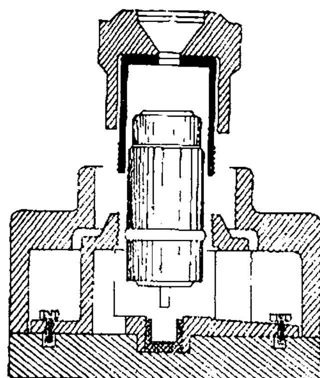


Fig. 59. — Siguranţe

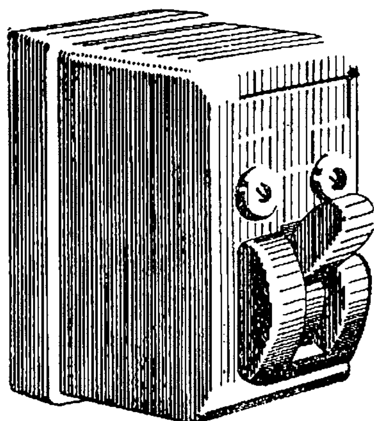


Fig. 60. — Intrerupător

Este greşit şi periculos de a înlocui dopurile cu sârme, cuie, etc., sau a le înfăşura cu sârme oarecare pentru ca să fie durabile. O siguranţă de acest fel, pune în pericol instalaţia electrică a unei case şi chiar casa.

Defectul cel mai obişnuit, provocat de mărirea curentului este *scurt-circuitul.*

El se produce astfel: Dacă două sârme, care vin dela sursa de curent (dela uzină de exemplu) pentru a alimenta un receptor (care are o rezistenţă), se pun în contact direct înaintea receptorului, avem un circuit în care este o forţă electromotoare mare şi o rezistenţă mică.

Efectul este un curent foarte mare, mult mai mare decât cel normal; acesta este un *curent de scurt-circuit*. El este foarte periculos, căci poate produce încălzirea puternică a firului şi acesta poate să aprindă lucrurile din apropiere. Multe incendii s'au produs prin scurt-circuit, la instalaţii care nu au fost executate după regulile tehnice şi la acelea la care siguranţele erau mai rezistente decât trebue, adică acolo unde siguranţele nu se topesc la timp din cauza firului prea gros.

Pentru fiecare grosime de conductă electrică sunt prescrise tipurile de siguranţe după cum se arată în tabela 3.

Astfel, pentru conducta de 1 mm^2, trebue o siguranţă de 6 A. Există siguranţe de 10, 15, 20, 25, 35, 60, 80, 125, 160 şi 200 A, corespunzătoare diferitelor grosimi de conducte întrebuinţate în instalaţii.

Orice circuit, care pleacă dela un tablou şi care alimentează lămpi electrice şi mici aparate trebue echipat cu siguranţe. In loc de siguranţe cu fuzibile, instalaţiile electrice pot să fie protejate prin întrerupătoare automate, adică întrerupătoarele care întrerup dela sine circuitul, când curentul este prea mare.

Asemenea aparate funcţionează mai precis decât siguranţele cu fuzibile şi mai au şi alte avantaje: *a)* restabilirea curentului se poate face imediat prin închiderea cu mâna a întrerupătorului lui, fără a trebui să se înlocuiască vreo piesă (cum se întâmplă la siguranţele cu fuzibile); *b)* nici nu se poate face greşeala de a folosi o siguranţă mai puternică decât ar trebui.

Intrerupătoarele automate se instalează pe tablourile de distribuţie ca şi siguranţele.

Ele se bazează în general pe fenomenul magnetic al curentului electric.

32. **Aparate de măsură pe baza efectului caloric (termic).** — Am văzut în capitolul II că, folosindu-ne de efectul chimic, cu ajutorul unui voltametru putem măsura intensitatea unui curent într'un circuit electric.

Metoda cere însă timp, căci trebue să cântărim de fiecare dată substanţa depusă pe electrozi. De aceea se foloseşte numai în laboratoare pentru măsurători precise. Pentru nevoile tehnicei, trebue metode cu rezultate mai repezi. Pe baza fenomenului caloric, s'au construit aparate mai simple.

Intre două cleme A şi B este întins un fir subţire de metal (din aliaj de platină sau argint, sau platină şi iridiu) prin care trece curentul circuitului. In punctul C este lipit al doilea fir, celălalt capăt al lui este fixat în D. In E este legat un fir de mătase trecut peste o rolă, care poartă un

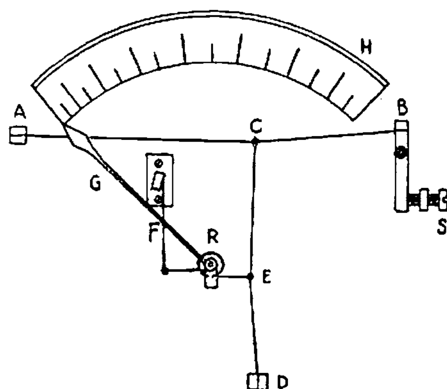


Fig. 61. — Ampermetru termic

ac arătător G. Pe rolă mai este fixat un al doilea fir de mătase, prins de arcul F.

Când trece curentul prin firul AB, acesta se încălzeşte şi se dilată. Arcul F trăgând de firul de mătase roteşte rola, până ce firele sunt întinse.

Dar rotindu-se rola, arătătorul se mişcă în faţa cadranului H, care este gradat în amperi.

Exerciţii

Intrebări

1. Ce cantitate de căldură se produce la trecerea timp de 10 ore a unui curent de 5 A printr'o rezistenţă de 2 Ω ?

2. Un vas electric de apă are o putere de 600 W. Ce cantitate de căldură se produce la o funcţionare de 3 ore?

3. Câţi ohmi are rezistenţa electrică a acestui vas, presupunând că este legat la 220 V?

4. Dela o maşină generatoare de curent continuu, pleacă două conducte de cupru, având secţiunea (grosimea) de 50 mm² şi lungimea de 200 m care alimentează 50 becuri de 100 W, montate în derivaţie.

Becurile funcţionează la tensiunea de 110 V. Ce intensitate are curentul produs de maşină? Care este puterea consumată de becuri şi care este puterea consumată prin încălzirea conductelor?

5. Dacă în loc de conducte de 50 mm² s'ar folosi conducte de 16 mm², la cât s'ar ridica puterea consumată prin încălzirea conductelor?

6. Dacă lămpile ard 5 ore pe zi, ce cantitate de energie se consumă într'un an prin încălzirea conductelor în fiecare din cele două cazuri? Dar în becuri?

Răspunsuri:

1. $Q = 0{,}00024 \times 2 \times 5^2 \times 36\,000 = 432$ calorii.

2. In timp de 3 ore se consumă $\frac{600 \times 3}{1000} = 1{,}8$ kWh.

3. $W = UI$; $600 = 220 \times I$; de unde $I = 2{,}7$ A.

Dar $R = \frac{U}{I} = \frac{220}{2{,}7} = 81\ \Omega$

4. Un bec de 100 W consumă un curent de $\frac{100\ \text{W}}{110\ \text{V}} = 0{,}9$ A.

Cele 50 de becuri vor consuma $0{,}9 \times 50 = 45$ A.
Puterea consumată de cele 50 becuri este de

$$50 \times 100\ \text{W} = 5000\ \text{W}.$$

Puterea consumată în conducte:

$$RI^2 = \frac{1}{57} \times \frac{2 \times 200}{50} \times 45^2 = 286\ \text{W}$$

5. $RI^2 = \frac{1}{57}\ \frac{2 \times 200}{16} \times 45^2 = 888$ W.

6. 365 zile $\times$ 5 ore $=$ 1825 ore pe an.

286 $\times$ 1825 $=$ 422 kWh.
888 $\times$ 1825 $=$ 1620 kWh.
50 $\times$ 100 $\times$ 1825 $=$ 9125 kWh.

Intrebări recapitulative

1. Ce numim efectul Joule-Lenz?
2. Inafară de electricitate, care altă formă de energie se poate transforma în căldură?
3. Ce este echivalentul mecanic al caloriei?
4. Ce este echivalentul termic al curentului electric?
5. La un wattsecundă câte calorii corespund? Dar la un kilowattoră?
6. Ce este o lampă incandescentă?
7. Ce fel de filamente se folosesc? De ce?
8. De ce filamentul este introdus într'un glob din care s'a scos aerul? De ce se întrebuințează gaze inerte?
9. De ce filamentul se execută în formă de spirală?
10. Prin ce date se caracterizează un bec?
11. Ce se numește flux luminos? Ce este lumenul? Ce legătură este între flux și puterea unei lămpi?
12. Care este durata mijlocie de funcționare a unei lămpi?
13. Ce este arcul electric?

14. Ce inconveniente are luminatul electric cu arc?
15. De ce se întrebuințează încălzitul prin electricitate?
16. Ce sunt cuptoarele electrice industriale? La ce servesc?
17. Ce este sudura?
18. Ce metode de sudură electrică sunt folosite?
19. La ce lucrări este folosită sudura electrică?
20. Cei fel de surse de curent sunt folosite pentru sudura electrică? Ce sunt electrozii?
21. Ce întrebuințări casnice are încălzitul electric?
22. Pe ce principiu se bazează aparatele electrice termice de măsură?
23. De ce conductele electrice nu se înroșesc la trecerea unui curent?
24. Ce limitează curentul într'o conductă?

IV. EFECTUL CHIMIC

33. **Electroliza.** Am văzut ce este efectul chimic. Să mai repetăm experienţele respective.

Luăm un vas de sticlă în care am pus două bastonaşe de metal (la distanţă unul de altul) pe care le legăm la cei doi poli ai unei surse de curent continuu.

Aceste bastonaşe se numesc *electrozi*, adică drumuri de curent.

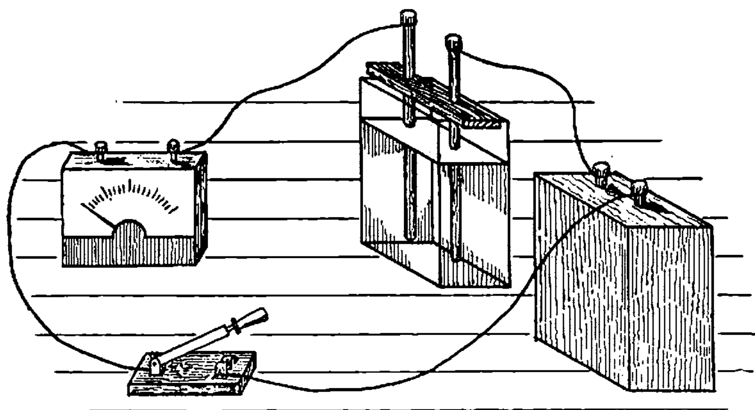


Fig. 62. — Producerea electrolizei

Inchidem întrerupătorul circuitului. Ampermetrul nu arată niciun curent. Punem apă curată în vas. Nimic nu se schimbă. Disolvăm în apă sulfat de cupru. Sulfatul de cupru se mai numeşte şi piatră vânătă şi serveşte mai ales la stropitul viilor pentru a le feri de ciuperci vătămătoare. Este un corp compus din cupru, sulf (pucioasă) şi oxigen, având formula chimică SO_4Cu.

Inchidem întrerupătorul. De data aceasta ampermetrul arată un curent. Mai observăm după câtva timp că pe electrodul legat la polul negativ al sursei de curent s'a depus *cupru.*

Deci cuprul s'a desfăcut din sulfatul de cupru şi a fost împins, depunându-se pe acest electrod. Electrodul negativ se numeşte *catod,* iar cel pozitiv se numeşte *anod.*

Fenomenul se numeşte *electroliză* şi numele vine dela cuvântul grecesc „lizis" care înseamnă desfacere. Lichidul în care s'a produs se numeşte *electrolit.*

Fenomenul acesta nu se produce cu orice corp. Am văzut că apa curată nu se descompune; de asemenea nici alte corpuri disolvate în apă, cum ar fi zahărul.

Descompunerea prin electroliză o sufere acizii, bazele şi sărurile în soluţie sau topite.

Metalele şi hidrogenul din aceste corpuri se depun întotdeauna pe catod, iar restul corpului apare la anod. Aparatul cu care am făcut experienţele este o *baie electrolitică.*

Când acest aparat ne serveşte pentru măsurarea curentului îl numim *voltametru.*

Să continuăm experienţele noastre cu voltametru pentru ca să stabilim care sunt legile electrolizei.

Să închidem întrerupătorul şi să-l lăsăm astfel un anumit timp. Vom constata că s'a depus o cantitate de cupru.

Să repetăm experienţa, dar să o lăsăm să dureze un timp dublu; vom constata că s'a depus de două ori mai mult cupru decât în primul caz. Să lăsăm să dureze un timp de trei ori mai mare şi vom constata o depunere de trei ori mai mare. Şi aşa mai departe.

In toate aceste experienţe nu am schimbat curentul. Să facem acum electroliza cu diferiţi curenţi, dar toate de aceeaşi durată.

Să variem rezistenţa reostatului în aşa fel ca prin circuitul voltametrului să treacă un curent de 1 A şi să socotim cu un cronometru (ceas de precizie) durata experienţei. Pe catod vom măsura o cantitate de cupru depusă, care împărţită la numărul secundelor experienţei ne va arăta că într'o secundă s'a depus 0,329 mg.

Mărim curentul la 2 A. După acelaşi timp vom constata că s'a depus într'o secundă 0,658 mg adică de două ori mai mult decât în cazul precedent.

Mărim la 3 A. După acelaşi timp vom constata că s'au depus într'o secundă 0,987 mg, adică de trei ori mai mult (3×0,329) şi aşa mai departe.

Dacă vom face experienţa cu un alt corp, de exemplu o sare care conţine argint vom constata aceleaşi fenomene; dar într'o secundă şi la 1 A, cantitatea depusă nu mai este de 0,329 mg, ci 1,118 mg.

Din aceste experienţe tragem concluziile următoare:

Cantitatea de metal depusă în fenomenul electrolizei este cu atât mai mare cu cât curentul este mai mare şi cu cât durata experienţei este mai lungă. In timp de o secundă şi la un curent de 1 A se depune din fiecare corp o anumită cantitate:

Mai pe scurt:

Cantitatea de substanţă depusă în fenomenul electrolizei este proporţională cu timpul şi cu intensitatea curentului.

Această lege a fost exprimată pentru prima oară de Faraday, de aceea îi poartă şi numele. In formulă ea se exprimă astfel:

$$G = gIt$$

în care:

G este greutatea de metal depusă în mg.

I este intensitatea curentului în A.

t este timpul în secunde.

g se numeşte *echivalentul electrochimic al corpului.*

Dacă $t = 1$ secundă, iar $I = 1$ A. $G = g \times 1 \times 1 = g$.

Deci *echivalentul electrochimic este cantitatea de metal depusă când intensitatea este de 1 Amper, iar durata de 1 secundă.* Echivalentul electrochimic variază dela o substanţă la alta, după cum arată tabela 4.

Observăm că intensitatea înmulţită cu timpul dă cantitatea de electricitate; deci putem exprima legea lui Faraday şi astfel:

Cantitatea de substanţă depusă în fenomenul electrolizei este proporţională cu cantitatea de electricitate care a străbătut electrolitul.

Echivalentul electrochimic este cantitatea depusă prin trecerea unui culomb.

TABELA 4

Echivalenții electrochimici.

Corpul	*g* miligrame
Argint	1,118
Cupru	0,329
„	0,659
Plumb	1,0735
Aur	0,6812
Fier	0,2893
„	0,1930
Aluminiu	0,0935
Nickel	0,304
Hidrogen	0,01044
Zinc	0,3387
Sodiu	0,2383
Potasiu	0,4052
Platină	1,0104
Crom	0,1798

In capitolul doi am împărțit corpii în conducători, izolanți și electroliți.

Și electroliții au rezistență ohmică. Și pentru ei se aplică legea lui Ohm. Experiențele sunt mai greu de făcut cu acești corpi deoarece prin trecerea curentului se descompun. Pentru a evita fenomenul chimic se întrebuințează curenți alternativi, adică curenți care își schimbă mereu sensul.

Mai observăm că rezistența electroliților scade foarte mult când temperatura lor crește.

Aplicație: Cantitatea de cupru depusă la catod, dintr'o soluție de cupru prin care trece un curent de 15 A timp de 4 ore este:

$$G = 0{,}329 \times 15 \times 4 \times 3600 = 71{,}064 \text{ grame.}$$

Eelectroliza se poate face asupra a numeroase corpuri:

Foarte simplu se procedează cu apa. Apa curată nu lasă să treacă curentul electric. Să turnăm însă în voltametru apă în care am picurat vitriol (acid sulfuric).

Deasupra electrozilor să punem câte un tub de sticlă care se continuă cu câte o țeavă subțire având și un robinet. Tuburile le umplem tot cu apă acidulată cu vitriol.

Legăm electrozii la o sursă de curent. Se constată că în jurul lor se ridică băşici care se adună la partea superioară a tuburilor şi că în fiecare tub nivelul apei se coboară. Deschidem robinetele pe rând. Vom constata că se scurge un gaz, şi anume dela electrodul negativ hidrogen, iar dela cel pozitiv oxigen, adică cele două corpuri care compun apa.

34. **Reacţiuni secundare.** Fenomenul de electroliză nu se petrece întotdeauna atât de simplu după cum am arătat mai sus. Corpii descompuşi pot să se combine cu electrozii sau cu electrolitul şi să rezulte alte substanţe.

Astfel dacă se face electroliza soluţiei de sare de bucătărie, care se compune din clor şi sodiu (formula chimică NaCl) va rezulta clor şi sodiu (numit şi natriu).

Dar sodiul se combină cu apa (H_2O) şi dă o leşie de sodiu (NaOH) şi hidrogen H. Deci la catod va apare hidrogen în loc

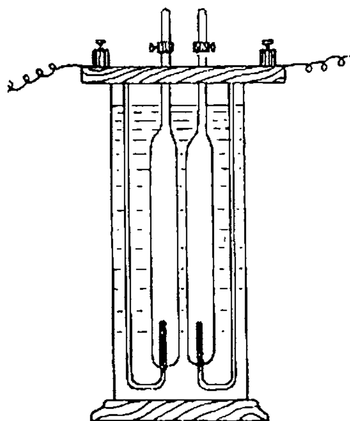


Fig. 63 a. — Electroliza apei

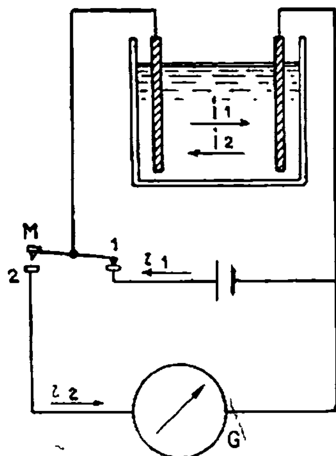


Fig. 63 b. — Fenomene de polarizare.

de sodiu. Spunem că în asemenea cazuri electroliza este însoţită de *reacţiuni chimice secundare.*

Şi în cazul sulfatului de cupru se produc *reacţiuni secundare.*

In adevăr corpul se separă în cupru care merge la catod, iar sulful + oxigenul (SO_4) se combină cu hidrogenul apei din soluție (H_2O) și dă acid sulfuric (SO_4H_2) și oxigen care se degajă.

Dacă anodul este de cupru, el va fi atacat de acidul sulfuric producând sulfat de cupru.

In sfârșit, și în cazul electrolizei apei în care s'a pus acid sulfuric se produc reacțiuni secundare.

35. **Polarizarea electrozilor.** Ori de câte ori se face o electroliză se constată că fenomenul nu începe decât dacă tensiunea aplicată este mai mare decât o anumită valoare.

Motivul este că prin depunerea de substanțe pe suprafața electrozilor ia naștere o forță electromotoare care se opune tensiunii aplicate și care se numește forță *electromotoare de polarizare.*

Dacă desfacem legăturile dintre sursa de curent și electrozi, unindu-i pe aceștia cu un conductor, introducând și un ampermetru, vom constata un slab curent datorit tocmai acestei forțe electromotoare de polarizare.

In figura 63 b, se arată o asemenea experiență.

Apăsând pe butonul întrerupătorului M., în poziția 1 se va produce electroliza, în poziția 2 vom constata un curent în sens invers datorit forței electromotoare de polarizare.

Aplicațiile electrolizei în ateliere

36. **Galvanotehnica.** Fenomenul electrolizei a fost folosit mult timp pentru a îmbrăca obiecte de metal cu un strat subțire din alt metal.

Această operație se numește *galvanostegie.*

Ca electrolit se folosește un compus care conține metalul din care trebue să fie îmbrăcămintea. Obiectul se pune la catod, iar la anod același metal sau un electrod inert, adică un electrod care nu participă la electroliză.

Soluția se descompune, metalul merge la catod și se depune pe obiect. Metalul dela anod se disolvă (dacă este același) completând astfel conținutul soluției.

Dacă anodul este inert, soluția trebue treptat completată.

Sursa de curent necesară pentru operații este de câțiva volți, 1—6 V.

Galvanostegia se folosește pentru a îmbrăca o piesă cu un metal în scop decorativ sau pentru a o proteja de rugină, acizi, etc.

Obiectele înainte de a fi puse în electrolit trebue bine curățate. Electroliții sunt formați din compuși care conțin metalul ce trebue depus precum și alte corpuri care măresc conductibilitatea soluției.

Asemănătoare este *galvanoplastia* adică procedeul de a obține o copie întocmai după obiect. A fost descoperită de învățatul rus Iacobi.

Galvanoplastia constă în următoarele: după obiect, de exemplu după o medalie, se face o matriță aplicând ceară, se unge cu grafit pentru a o face conducătoare de electricitate și se instalează la catodul unei băi de electroliză.

Această matriță este o reproducere negativă, adică acolo unde obiectul are o adâncitură, matrița are o ieșitură și invers.

Dacă se pune în baie o soluție de sare de cupru și la anod o placă de cupru se obține pe matriță o depunere de cupru, care trebue să aibă loc timp mai îndelungat, pentru ca să depună un

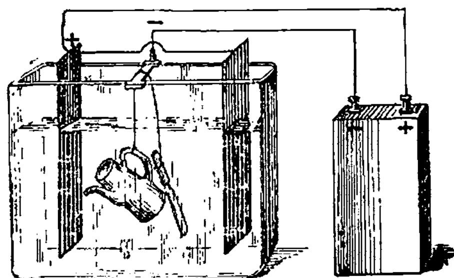


Fig. 63 c. — Galvanoplaștia

strat suficient de gros, și astfel piesa obținută după îndepărtarea matriței de ceară să aibă suficientă rezistență pe lângă o exactă reproducere a originalului.

Metalele cele mai obișnuite în procedeele de electroliză de mai sus sunt: cuprul, zincul, nichelul, cromul, argintul, aurul, cobaltul, cositorul, plumbul, cadmiul și bronzul.

Iată câțiva din electroliții folosiți:

Pentru cupru

Sulfat de cupru	150—200 g/l.
Acid sulfuric	50—100 g/l.

Pentru zinc

Sulfat de zinc .	300 g/l
Sulfat de aluminiu .	30 g/l.
Sare de bucătărie .	120 g/l.
Acid Boric .	35 g/l.
Dextrină .	20 g/l.

Pentru nichel

Sulfat de nichel și amoniu	50—75 g/l.
Sulfat de nichel	100 g/l.
Țipirig .	15 g/l.
Acid Boric	15 g/l.

Pentru crom

Oxid cromic	250—300 g/l.
Acid sulfuric	2,5—3 g/l.

TABELA 5

Grosimea straturilor de metal depuse

Metalul	mm	Coeficient de folosire
Argint .	. . . 0,039 . . .	0,98
Cupru .	. . . 0,013 . . .	0,98
	0,017 . . .	0,65—0,70
Nichel . .	0,0123 . .	0,94
Zinc . .	0,0165 . .	0,95
Crom . .	0,0006 . .	0,13
Plumb . .	0,034 . .	0,99

In tabela 5 sunt arătate grosimile straturilor de metal depuse într'o oră pe un catod de 1 dm² când intensitatea curentului este de 1 A.

Procedeele electrolitice folosite în industrie

37. **Electrometalurgia.** Electroliza este întrebuințată însă în industrie și pentru alte scopuri, mult mai importante și anume: pentru extragerea unor metale din minereuri și pentru rafinare:

Rafinarea electrolitică. Metalele obținute prin diferite pro-

cedee metalurgice nu sunt destul de curate. Prin electroliză se poate face rafinarea lor, dacă este necesară.

Rafinarea cuprului. Am văzut că dintre toate metalele mai des folosite, cuprul are rezistența cea mai mică și de aceea este metalul cel mai potrivit pentru fabricarea conductorilor electrici.

Cuprul care conține corpuri străine își pierde însușirile pentru a fi bun conductor.

Metalul care se obține prin procedeele metalurgice nu este destul de curat. Rafinarea lui se face prin electroliză punând la anod cuprul brut, metalurgic, care conține 98—99,5% cupru. Ca electrolit se folosește o soluție de sulfat de cupru.

La catod este transportat prin curent electric cuprul curat, deci rafinat. Se obține astfel un corp care conține aproximativ 99,75% cupru, și chiar mai mult; deci la un kilogram de asemenea cupru, corpurile străine pot să mai fie de cel mult 2,5 g.

Cuprul astfel obținut se numește *electrolitic* și este de mare întrebuințare în electrotehnică.

Printre corpurile care rămân în baia electrolitică sunt și metalele prețioase, ca argintul, care sunt apoi și ele prelucrate.

Rafinarea electrolitică se mai întrebuințează și pentru alte metale: argint, aur, plumb, nichel, cositor, bismut.

Fabricarea aluminiului. Al doilea metal important, după cupru, în electricitate este aluminiul. El se obține prin procedee electrice.

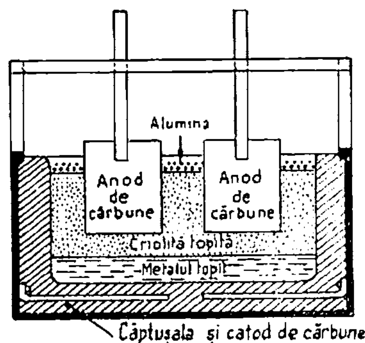


Fig. 64. — Cuptor pentru aluminiu

Materia primă este minereul numit bauxita (un compus al aluminiului cu oxigenul) care, prin anumite metode, este transformată în alumină Al_2O_3. Aceasta este topită într'un cuptor cu arc electric, într'o baie care mai conține și o altă substanță numită criolită, și în acelaș timp supusă electrolizei. Aluminiul se separă și se depune la catod care este format din cărbune. Temperatura de încălzire este de vreo 1000°.

Cuptoarele de fabricație au diferite forme. In fig. 64 se vede un asemenea cuptor.

Fabricarea aluminiului cere o mare cantitate de electricitate 20—25 kWh la 1 kg de metal.

In ţara noastră avem rezerve importante de bauxită în Transilvania şi de îndată ce se vor construi mari uzine hidroelectrice vom putea deveni producători de aluminiu, metal folosit atât în electricitate cât şi în alte scopuri.

Una din ţările mari producătoare de aluminiu este U.R.S.S. In cursul planurilor cincinale producţia a fost sporită foarte mult, prin mărirea producţiei de minereu şi prin construirea de uzine hidroelectrice. Marea uzină Dneproghess (pe Nipru) serveşte, între alte scopuri, şi pentru a produce aluminiu.

Şi Republica Populară Română poate deveni o ţară producătoare de aluminiu, căci posedă bauxită.

Electroliza sodiului şi magneziului. Sarea de bucătărie (care se compune din clor şi sodiu) este topită şi pusă în baia de electroliză.

Prin trecerea curentului sodiul se depune la catod, iar la anod se degajă gazul clor. Sodiul se mai poate obţine şi din alt compus (NaOH).

Printr'o operaţie asemănătoare se obţine magneziul în baia electrolitică punându-se clorură de magneziu (un corp format din clor şi magneziu) sau alt compus.

Alţi corpi. Procedeul electrolitic se aplică şi pentru obţinerea altor corpi : zinc, nickel, cadmiu, antimoniu, aur şi argint.

Alte aplicaţii ale electrolizei

38. **Electrochimia.** *Electroliza apei.* Am arătat că prin electroliza apei se obţine hidrogen şi oxigen de foarte mare puritate.

Hidrogenul astfel obţinut este folosit pentru sudură, pentru fabricarea amoniacului, etc., iar oxigenul în special pentru sudură.

Pe cale industrială, electroliza se face punând în baie apă cu adaus de sodă caustică (NaOH) sau potasă caustică care face lichidul conductibil.

Reacţiunea chimică este $2\ Na + 2H_2O = 2\ Na\ OH + H_2$.

39. **Coroziunea electrolitică.** Fenomenul electrolizei pe lângă foloase poate să aducă şi neajunsuri. Vom arăta cum electroliza distruge conductele de apă, gaz, cablurile electrice, etc.

In pământ circulă adeseori curenţi electrici din cauze pe care le vom arăta mai jos. Asemenea curenţi se numesc *vagabonzi.* Dacă în drumul lor sunt conducte sau alte părţi de metal, vor circula prin ele până în anumite puncte unde le părăsesc pentru a urma mai departe circuitul lor.

Aceste părţi metalice pot fi aşezate în terenuri umede sau îmbibate de anumiţi acizi.

Situaţia în acest caz este asemănătoare cu aceea a unei electrolize.

Efectul este disolvarea conductei sau părţii de metal din care iese curentul. Fenomenul se numeşte *coroziune electrolitică.*

Curenţii vagabonzi cei mai obişnuiţi sunt datoraţi tramvaielor electrice.

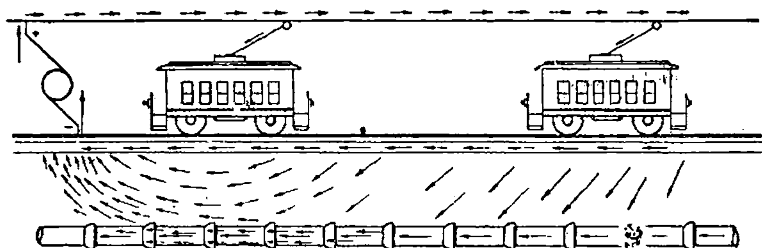


Fig. 65. — Coroziunea conductelor

Motoarele vagoanelor primesc dela uzină curentul prin firul aerian, iar întoarcerea la uzină se face prin şine.

Uneori curenţii părăsesc şinele şi intră în conducte de metal aşezate în vecinătate, care prezintă o cale cu rezistenţă mai mică.

Pentru a ajunge la uzină curenţii trebue să părăsească şi aceste conducte. In acele locuri se produc coroziunile.

Efectele coroziunilor sunt foarte grave. Conductele de apă sau gaze sunt găurite, iar învelişurile de metal ale cablurilor deteriorate.

Câteva cifre ne vor arăta efectele electrolizei. Un amper timp de un an corodează 9 kg de fier sau 34 kg de plumb.

De aceea trebue luate măsuri pentru a evita coroziunile.

Măsurile sunt următoarele: legături electrice bune între şine, pentru ca rezistenţa să fie mică şi deci curenţii să ia a-

ceastă cale în loc de a lua alte căi cu rezistență mai mică; protejarea conductelor prin învelișuri care să le apere de acest transport de sarcini electrice, al ionilor.

40. **Elementele galvanice.** Ne-am folosit în foarte multe din experiențele noastre de până acum de pile galvanice. Funcționarea lor este datorită tot efectului chimic.

Cel mai simplu element galvanic se compune dintr'un vas de sticlă în care s'a pus o soluție slabă de acid sulfuric și în care s'a introdus o placă de cupru și alta de zinc.

Cu ajutorul unui voltmetru constatăm că între cele două plăci este o tensiune de 0,9 V.

Dacă legăm un asemenea element într'un circuit vom constata cu ajutorul unui ampermetru că se produce un curent electric și că placa de cupru este borna pozitivă, iar placa de zinc este borna negativă. Calculând rezistența firului de legătură și măsurând intensitatea curentului, deducem cu ajutorul legei lui Ohm forța electromotoare, pe care o constatăm egală cu tensiunea găsită mai sus.

In interiorul elementului, curentul merge dela zinc la cupru, pentru a închide circuitul, care știm că în exterior are sensul dela + (cupru) la — (zinc).

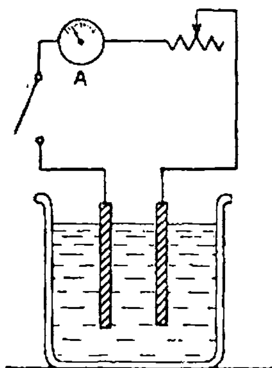


Fig. 66. — Element galvanic

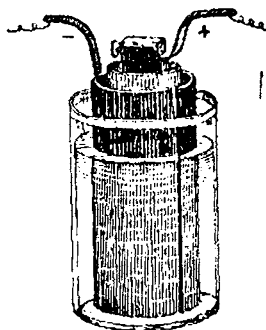


Fig. 67. — Pila Bunsen

Asemenea elemente au fost primele surse de curent electric, folosite și descoperite de Volta la 1800, bazându-se pe lucrările anterioare ale lui Galvani.

Elementul funcţionând, constatăm că zincul se disolvă, iar în jurul cuprului apare hidrogen. Deci, în aparat se produce o reacţiune chimică care este cauza curentului.

După câtva timp de funcţionare a pilei constatăm că a slăbit curentul foarte mult, iar tensiunea între electrozi a scăzut Fenomenul se numeşte *polarizare* şi el este datorit în parte tocmai acoperirii cuprului cu hidrogen, ceea ce face să se mărească rezistenţa la trecerea curentului electric.

Dar. nu este numai atât. In pilă, la suprafaţa de contact dintre electrozii astfel acoperiţi şi electrolit, ia naştere o forţă electromotoare contrarie curentului; aceasta se numeşte *forţă electromotoare de polarizare,* pe care am întâlnit-o şi în fenomenul electrolizei.

Pentru a evita acest neajuns, care face elementele galvanice neîntrebuinţabile, s'au căutat mijloace ca hidrogenul să fie oxidat îndată ce se produce, sau să se întrebuinţeze electroliţi din care să nu se producă separarea hidrogenului.

Elementele galvanice se leagă de obiceiu *în serie,* adică polul pozitiv al unuia cu polul negativ al altuia, formând *baterii* de elemente galvanice.

Elemente depolarizante: *Pila Bunsen.* Se compune dintr'un vas de sticlă în care se pune o soluţie de sulfat de cupru (proporţia de 1/10).

In soluţie se introduce un al doilea vas, poros însă; în acesta se pune o soluţie de acid azotic în care se aşază o placă sau un baston de cărbune de retortă. Acesta este electrodul pozitiv.

Vasul poros este înconjurat de un cilindru de zinc care constitue polul negativ.

Vasul poros împiedecă cele două lichide să se amestece, dar lasă să treacă hidrogenul degajat; acesta, îndată ce se produce, se combină cu acidul azotic şi, deci, nu mai dă naştere efectului polarizator.

O pilă Bunsen are o tensiune de 1.8 V.

Pila Daniell. Este asemănătoare: în vasul de sticlă se pune o soluţie de sulfat de zinc, iar în vasul poros o soluţie de sulfat de cupru.

Electrodul negativ este o lamă de zinc, iar cel pozitiv o lamă de cupru. Forţa electromotoare este de aproximativ 1,1 V.

Pila cu bicromat de potasiu. Electrozii sunt constituiţi din

cărbune şi zinc; electrolitul este acid cromic sau bicromat de potasiu, într'o soluţie diluată de acid sulfuric (vitriol). Compusul cromului serveşte ca depolarizator.

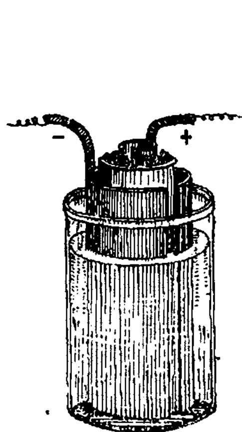


Fig. 68. — Pila Daniell

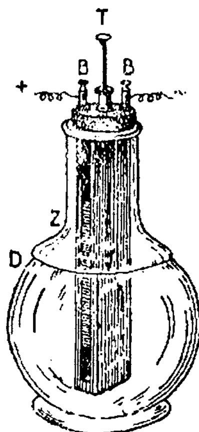


Fig. 69 a. — Pila cu bicromat de potasiu

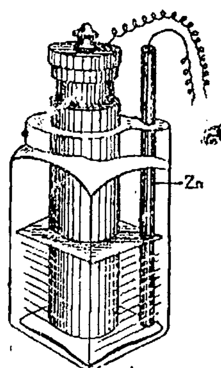


Fig. 69 b.— Pilă Leclanché

Electrozii se cufundă în soluţie numai în timpul funcţionării. Forţa electromotoare a acestei pile este de 1,9 V.

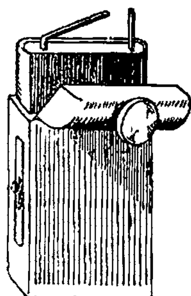




Fig. 69 c, d. — Pile uscate

Pila Leclanché. Electrodul pozitiv este un bastonaş de cărbune introdus într'un săculeţ de pânză sau într'un vas poros în care este îndesat bioxid de mangan. Electrodul negativ este din

zinc. Ambii sunt cufundați într'un vas de sticlă în care se află o soluție de clorură de amoniu (țipirig).

Depolarizantul este bioxidul de mangan. Această pilă este folosită mai ales pentru sonerii și instalații de telefon locale, întrebuințări în care durata curentului este scurtă.

Forța electromotoare aproximativ: 1,5 V.

Pila de mare putere. Electrozii sunt cărbunele și magneziu, iar electrolitul un amestec de acid cromic și acid sulfuric.

Forța electromotoare aproape: 2 V.

Mai sunt și alte pile: De exemplu pila Meidinger, folosită la instalațiile de telefon, pila de cupru și oxid de zinc în hidrat de sodiu.

Pila uscată. Un bastonaș de cărbune este pus într'un săculeț umplut cu bioxid de mangan. Acesta este introdus într'un cilindru de zinc, umplut cu un electrolit în formă de pastă, compus din amestec de țipirig sau clorură de magneziu, gelatină, kiesselgur, asbest, etc.

Zincul este atacat numai la trecerea curentului. După cum se constată acest element nu are electrolit lichid, de aceea se poate transporta cu ușurință. Forța electromotoare 1,3—1,6 V.

Pentru lămpile de buzunar se unesc în serie câte trei asemenea elemente. După cum se constată, este o pilă Leclanché puțin modificată.

Caracteristicele elementelor galvanice. Ele se mai numesc și *elemente primare.* Curentul, la trecerea lui prin asemenea element întâmpină o rezistență, care se numește *rezistență internă.* In general elementele galvanice nu au o durată lungă.

41. Acumulatoarele sunt o aplicațiune foarte importantă a fenomenului electrochimic și anume a fenomenului de polarizare.

Dacă facem electroliza acidului sulfuric într'un vas în care electrozii sunt de plumb, vom constata că anodul ia o coloare roșcată-șocolatie, din cauză că plumbul se oxidează.

Bine înțeles pentru aceasta s'a consumat o cantitate de electricitate. Desfacem legăturile dela sursa de curent și legăm între ei polii. Se produce un curent de sens invers de depolarizare.

Deci cantitatea de electricitate a fost înmagazinată și apoi este restituită. Acesta este cel mai simplu acumulator.

Să cercetăm însă în mod mai amănunțit modul de funcționare al acumulatoarelor.

Dacă se cufundă două plăci de plumb într'o soluție slabă de

acid sulfuric (vitriol), se constată că se formează la suprafața lor un corp numit sulfat de plumb ($PbSO_4$).

Incărcarea acumulatorului. Să legăm cele două plăci la bornele unei surse de curent continuu: se va produce electroliza acidului sulfuric. Hidrogenul va merge la polul negativ și va re-

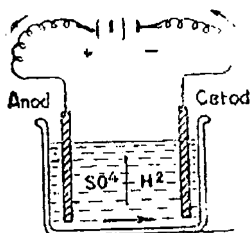


Fig. 70 a. — Acumulator la încărcare

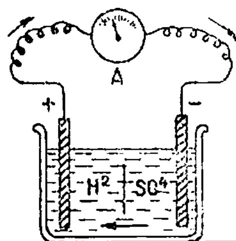


Fig. 70 b. — Acumulator la descărcare

duce sulfatul de plumb adică se va combina cu el în așa fel că se produce acid sulfuric și plumb ($PbSO_4+H_2=SO_4H_2+Pb$). Apărând plumbul, polul negativ ia coloarea acestuia, adică o coloare cenușie.

Restul din acidul sulfuric (adică SO_4) merge la polul pozitiv și combinându-se cu sulfatul de plumb dă *superoxid de plumb* și *acid sulfuric.* ($Pb SO_4+2H_2O+SO_4=PbO_2+{}_2SO_4H_2$) ; superoxidul de plumb are coloarea roșcată și de aceea polul pozitiv devine roșcat.

După cum se constată, în timpul operației de încărcare se produce acid sulfuric, deci conținutul soluției în acid sulfuric se mărește.

Dacă tot sulfatul de plumb dela polul negativ a fost transformat în plumb și totuși continuăm încărcarea acumulatorului, atunci hidrogenul produs, ne mai având cu cine să se combine se împrăștie în aer.

Cei care au văzut cum se încarcă un acumulator știu că atunci când se produc „gaze" acumulatorul este destul de încărcat.

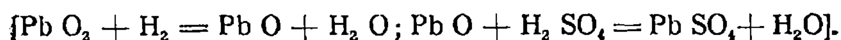
In rezumat, după încărcare, pe una din plăci va fi plumb, iar pe cealaltă superoxid de plumb.

Descărcarea acumulatorului. Să desfacem legăturile acu-

mulatorului de sursa de curent şi să legăm la bornele lui o rezistenţă electrică (de exemplu un bec electric).

Vom constata, cu ajutorul unui ampermetru, că acumulatorul produce un curent electric care are un sens invers decât la încărcare.

Se constată că se produce o reacţiune chimică în sens invers şi anume, hidrogenul din acidul sulfuric se combină cu superoxidul de plumb din placa pozitivă şi dă sulfat de plumb.



[$PbO_2 + H_2 = PbO + H_2O$; $PbO + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2O$].

Restul din acidul sulfuric se combină cu plumbul dela polul negativ şi dă sulfat de plumb ($Pb + SO_4 = PbSO_4$).

In această combinaţie se consumă acid sulfuric şi se produce apă, deci soluţia de acid sulfuric se diluează.

Iată prin urmare că ne găsim în situaţia dela început.

După cum vedem, în acumulator s'a înmagazinat energie electrică printr'o reacţiune chimică; la descărcare, reacţiunea chimică se produce în sens invers şi se eliberează energia electrică acumulată.

Repetând de mai multe ori încărcarea şi descărcarea, plăcile atacate devin poroase şi capacitatea acumulatorului se măreşte, căci s'a mărit suprafaţa de contact.

Aceasta se numeşte *formarea acumulatorului.* Acumulatoarele întrebuinţate sunt cu formaţie artificială, adică electrozii sunt nişte grătare de plumb ale căror ochiuri sunt umplute cu oxizi de plumb şi anume anodul cu miniu de plumb, iar catodul cu litargă. Prin urmare în loc ca oxizii să se formeze prin repetate încărcări şi descărcări ei sunt puşi gata preparaţi. Electrolitul este acid sulfuric.

Printr'o singură încărcare acumulatorul se formează.

Acumulatorul se compune din mai multe plăci aşezate una lângă alta alternând o placă pozitivă cu una negativă. Plăcile sunt izolate una de alta. Prin capetele lor exterioare, toate plăcile pozitive se leagă între ele; de asemenea şi cele negative. Plăcile şi acidul sunt puse într'un vas de sticlă sau de ebonită.

După încărcare, forţa electromotoare produsă de acumulator este de aproximativ 2,6—2,8 V.

La descărcare, ea coboară repede la aproximativ 2 V, apoi la 1,9 V şi se menţine astfel mai mult timp. Când acumulatorul s'a descărcat, forţa electromotoare a ajuns la 1,83 V.

Se ştie că acumulatorul este încărcat, căci atunci începe să degaje gaze, iar soluţia de acid sulfuric este cea mai concentrată.

Un acumulator nu mai trebue lăsat să funcţioneze la descărcare dacă forţa electromotoare scade sub 1,85 V pe element.

Mărimea unui acumulator se măsoară prin capacitatea lui, care este produsul dintre intensitatea curentului pe care-l poate da şi numărul de ore până la descărcare.

De exemplu un acumulator care dă un curent de 2 A în timp de 10 ore de descărcare, fără ca tensiunea să scadă sub 1,85 V) are o capacitate de 2×10=20 A ore.

Aceasta reprezintă cantitatea de electricitate dată de acumulator. Raportul dintre cantitatea de electricitate în amperiore dată la descărcare, faţă de cantitatea de electricitate primită la încărcare variază între 70—80%. Deci un acumulator redă numai 70—80% din cantitatea de electricitate primită.

Capacitatea unui acumulator se măreşte cu atât mai mult cu cât curentul de descărcare este mai mic, căci, în acest caz descărcarea durează un timp mai îndelungat.

Un acumulator încărcat, neîntrebuinţat, se descarcă singur cu timpul.

Dacă un acumulator stă mult timp descărcat, se fac pete albe pe plăci. Fenomenul se numeşte *sulfatare*.

Acumulatorul, spre a putea fi din nou pus în funcţiune, trebue supus la încărcări prelungite, cu pauze între ele. De aceea trebue evitată această sulfatare.

Acidul sulfuric întrebuinţat la acumulatoare trebue să fie curat, iar apa întrebuinţată să fie distilată.

Din cauza plumbului, acumulatoarele sunt aparate grele.

Se obişnueşte a se aprecia un acumulator după capacitatea în amperiore la un kg de plumb. Această capacitate este de circa 11 amperiore; acumulatoarele autovehiculelor au o capacitate mai mare şi anume de circa 20 amperiore pe kg de plumb.

Acumulatoarele se leagă mai multe, în serie, pentru a obţine tensiuni cât mai mari. O grupare de acumulatoare se numeşte *baterie*. Ele se aşază de obiceiu în camere separate, bine aerisite.

La întrebuinţarea acumulatoarelor trebue respectate mai multe reguli; altfel ele se vor strica în scurt timp.

Ca exemplu dăm câteva date despre acumulatoarele cu

plăci de plumb folosite în laboratoare, la lămpile de siguranță, etc.

Ele sunt de mai multe tipuri. In tabela 6 se arată intensitățile maxime care se pot admite la descărcare. Ele variază după durata descărcării.

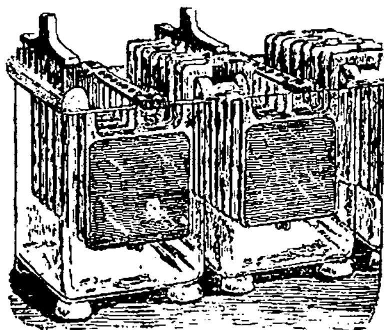


Fig. 70 c. — Baterie de acumulatoare

ZO 30 înseamnă acumulator cu plăci de 30 dm², iar ZO 40 cu plăci de 40 dm². Cifra romană I, II, etc. arată numărul plăcilor pozitive.

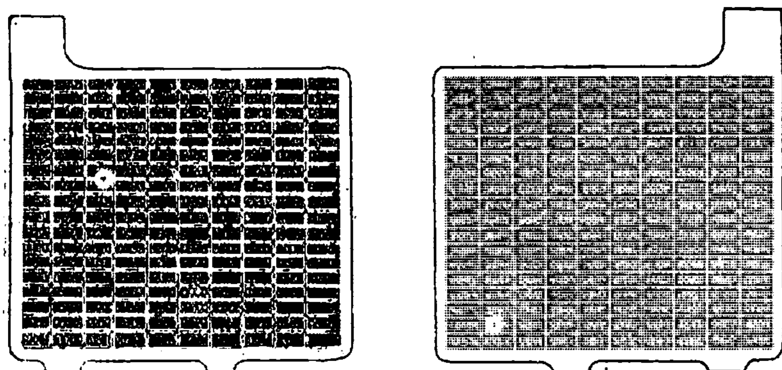


Fig. 70 d. — Plăci de acumulator

Acumulatoare alcaline. Inafara acumulatoarelor descrise mai sus, pe bază de plumb, se mai fabrică și acumulatoare numite *alcaline* sau *feronichel.* La acestea plăcile sunt din tablă de

TABELA 6

Intensitatea maximă la descărcare

Tipul de acumulator	Durata descărcării în ore		
	1	5	10
I ZO 30	10	3,7	2,2
II ZO 30	20	7,5	4,4
I ZO 40	14	5	3
II ZO 40	28	10	6
III ZO 40	42	15	9
IV ZO 40	56	12	29
V ZO 40	70	25	15

oțel; cele pozitive sunt acoperite cu un compus al nichelului și grafit, iar cele negative cu un compus al fierului. Electrolitul este o soluție de hidrat de potasiu (KOH).

Forța electromotoare a unui element este de circa 1,4 V, deci mai mică decât a acumulatorului cu plumb.

Aceste acumulatoare au față de greutate, o capacitate mai mare decât cele de plumb și sunt mai puțin sensibile în cazul descărcărilor sau neîncărcărilor prelungite. Sunt însă mai scumpe și cu efect mai mic.

Caracteristicile acumulatoarelor. Acumulatoarele sunt cu funcționare reversibilă. Ele consumă curent electric pentru a produce o reacție chimică, apoi fenomenul se întâmplă în sens invers. Sunt numite și *elemente secundare.*

Intrebuințările bateriilor de acumulatoare sunt foarte numeroase. Vom examina pe cele mai importante.

In centralele producătoare de curent electric acumulatoarele sunt nelipsite. Ele au rolul de a fi de ajutor, producând curentul necesar luminatului, când, din cauza unui defect, mașinile s'au oprit.

Deoarece sunt o sursă sigură de curent electric, ele servesc pentru a pune în mișcare diferite aparate care trebue să funcționeze oricând este nevoie, de exemplu întrerupătoarele.

In centralele de curent continuu mai au un rol:

Consumul de curent electric într'un oraș nu este uniform în timp de 24 ore. De obiceiu seara este foarte mare, noaptea foarte mic, iar în timpul zilei mai mare.

Maşinile producătoare de curent electric dau în timpul zilei atât curent necesar oraşului cât şi curentul necesar pentru încărcat bateria de acumulatoare; seara atât maşinile cât şi bateria dau împreună curentul mare cerut, iar noaptea rămâne să funcţioneze numai bateria, curentul cerut fiind mic.

Bateriile de acumulatoare sunt folosite pretutindeni unde este nevoie de o sursă de curent electric, dar unde nu se poate avea o legătură cu o centrală electrică: de exemplu la ţară.

Inafară de aceste baterii, care se numesc *staţionare*, se întrebuinţează şi baterii *transportabile*.

Astfel sunt bateriile: pentru autovehicule, pentru avioane, pentru luminatul trenurilor, pentru luminatul şi punerea în mişcare a submarinelor, atunci când acestea sunt scufundate.

In sfârşit alte întrebuinţări mai sunt: pentru aparatele de radio, pentru luminat de siguranţă în clădiri, pentru instalaţiile telefonice, pentru lucrări de laborator, etc.

Exerciţii

Intrebări :

1. Care este cantitatea de zinc depusă prin electroliză de un curent de 10 A în timp de 2 ore şi 30 minute dintr'o soluţie de sulfat de zinc?

2. Cât trebue să fie intensitatea unui curent pentru ca prin electroliză timp de 10 ore să se depună 1 kg de argint dintr'o soluţie de azotat de argint?

3. Să se arate cum s'au dedus grosimile straturilor depuse prin electroliză arătate în tabela 5. De exemplu pentru argint.

4. Cât timp trebue să dureze electroliza soluţiei unei sări de zinc pentru ca să se depună 1,350 kg zinc, intensitatea curentului fiind de 5 A.

5. O uzină pentru rafinat cuprul are 100 băi electrolitice legate în serie, iar în fiecare baie sunt câte 15 catozi legaţi în paralel, având suprafaţa de 0,80 × 0,6 m. Densitatea curentului fiind de 0,5 A/dm² de suprafaţă a catodului să se calculeze cantitatea de cupru depusă în 24 de ore?

6. Capacitatea unui acumulator este de 150 amperore. Ce intensitate de curent produce la descărcare în timp de 10 ore?

7. O baterie de acumulatoare este folosită pentru a alimenta lămpi de 110 V. Câte elemente sunt necesare?

8. Ce capacitate trebue să aibă această baterie pentru a alimenta 50 lămpi de 60 W, de 110 V timp de 10 ore?

9. Un acumulator având capacitatea de 14 Ah alimentează patru lămpi de radio în derivaţie care consumă câte 0,05 A. Care este durata descărcării acumulatorului?

Răspunsuri :

1. $G = g'It = 0{,}3397 \times 10 \times 9000 = 30{,}483$ mg $= 30{,}5$ g. 2 ore + 30 minute = 9000 secunde.

2. $$I = \frac{G}{gt} = \frac{1\,000\,000}{1{,}118 \times 3600} = 24{,}8 \text{ A.}$$

3. Un curent de 1 A depune pe oră $1{,}118 \times 3600 = 4024$ mg argint. Coeficientul de utilizare fiind 0,98 pe placă se va depune numai $4024 \times 0{,}98 = 3943$ mg.

Notând : V volumul argintului depus

S suprafața argintului depus

h înălțimea argintului depus

γ greutatea specifică, avem :

$$G = V \times \gamma = s \times h \times \gamma \quad ; \quad h = \frac{G}{s \times \gamma}.$$

γ pentru argint este 10,5 mg/mm^3 ; $S = 1$ dm^2 = 10000 mm^2

$$h = \frac{3943}{10\,000 \times 10{,}5} = 0{,}0375 \text{ mm.}$$

4. $$t = \frac{G}{gI} \qquad t = \frac{1\,350\,000}{0{,}3387 \times 5} = 800\,000 \text{ secunde}$$

$$\frac{800\,000}{3600} = 222 \text{ ore.}$$

5. $0{,}8 \times 0{,}6 = 0{,}48$ m^2 ; $0{,}48$ m^2 = 48 dm^2, $I = 48 \times 0{,}5 = 24$ A. I total $= 24 \times 15 = 360$ A.

Pentru o baie : $G = gIt$; fiind 100 băi, în serie, rezultatul se înmulțește cu 100, așa că :

G total $= 100 \times 0{,}329 \times 360 \times 24 \times 3600$,

sau G total = 1020 kg.

6. 15 A.

7. La sfârșitul încărcării f. e. m. a unui element este de 2,75 V. Deci tensiunea de 110 V va fi dată de $\frac{110}{2{,}75} = 40$ elemente legate în serie. La descărcare tensiunea unui element ajunge la 1,80 V. Deci în acest caz sunt necesare $\frac{110}{1{,}8} = 61$ elemente în serie.

8. $P = 50 \times 60 = 3000$ W. $\quad I = \frac{3000}{110} = 27$ A.

Capacitatea $27 \times 10 = 270$ Ah.

9. $\frac{14}{0{,}2} = 70$ h.

Întrebări recapitulative

1. Ce este electroliza? Ce sunt electrozii? Dar electroliţii?
2. Din punct de vedere al rezistenţei, de câte feluri sunt corpii?
3. Cum variază rezistenţa electroliţilor cu temperatura?
4. Care este legea electrolizei?
5. Ce este echivalentul electrochimic?
6. Cum definiţi culombul?
7. Ce sunt reacţiunile secundare?
8. Explicaţi polarizarea electrolizilor.
9. Ce este galvanoplastia? Dar galvanostegia?
10. Cum se obţine cuprul întrebuinţat în electrotehnică? De ce trebue să fie foarte pur?
11. Cum se fabrică aluminiul?
12. Cum se produce electroliza apei?
13. Ce este coroziunea electrolitică? Ce consecinţe are? Ce mijloace sunt pentru a o evita?
14. Cum funcţionează un element galvanic?
15. Ce efect are polarizarea?
16. Ce mijloace de depolarizare cunoaşteţi?
17. Care sunt elementele galvanice cele mai utilizate şi ce f.e.m. produc?
18. Pe ce fenomen se bazează acumulatorul?
19. Cum sunt construite acumulatoarele cu plumb?
20. Dar cele alcaline?
21. Care sunt întrebuinţările acumulatoarelor?
22. Care este f.e.m. maximă produsă de un element de acumulator? Dar cea normală?
23. Prin ce se măsoară capacitatea unui acumulator?
24. Cum variază intensitatea curentului de descărcare în raport cu numărul orelor de descărcare?

V. EFECTUL MAGNETIC

Fenomene magnetice

42. **Magneți naturali și artificiali.** In pământ sunt unele minereuri de fier care au proprietatea de a atrage bucăți mici de fier. In deosebi această însușire o are magnetita (Fe_3O_4), denumită astfel după localitatea Magnesia din Asia Mică, unde în vechime s'au găsit asemenea zăcăminte.

Asemenea corpuri se numesc *magneți naturali.*

In U. R. S. S. se găsesc mari zăcăminte de magnetită în Urali și anume în munții Blagodați și în munții Magnetici, (de

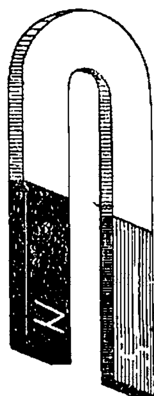


Fig. 71. — Magnetism

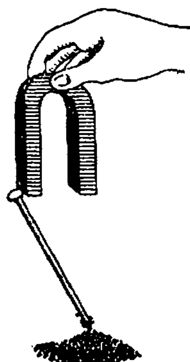


Fig. 72. — Magnet în formă de potcoavă

unde vine și numele Magnitogorsc) precum și în regiunea Cursc.

Dacă apropiem un magnet de un cuiu de fier constatăm că și acesta la rândul lui atrage pilitură sau alte bucățele de fier,

deci a devenit magnet. Indepărtăm magnetul, fierul își pierde calitățile sale magnetice, se demagnetizează.

Dacă în loc de un cuiu de fier întrebuințăm unul de oțel constatăm că de asemenea se magnetizează, dar rămâne magnetizat, chiar dacă îndepărtăm magnetul. Am obținut astfel un *magnet artificial*. Magneții aceștia se fac în formă de bare drepte sau în formă de potcoavă.

Astăzi se folosesc numai magneți artificiali.

Luăm un asemenea magnet și-l apropiem de pilitură de fier. Aceasta este atrasă și rămâne alipită de magnet, dar nu



Fig. 73. — Magnet în formă de bară

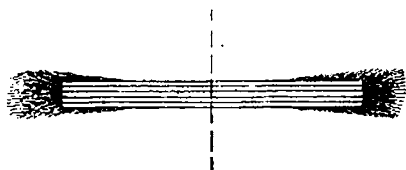


Fig. 74. — Pilitura de fier se lipește de polii magnetici

uniform pe lungimea lui. Cantitatea cea mai mare este spre capete și apoi din ce în ce mai puțină spre mijloc. Faptul dovedește că proprietatea magnetică se manifestă în special spre capete.

Părțile magnetului de care se lipește mai mult pilitura de fier și deci unde se arată mai puternic acțiunea magnetică se numesc polii magnetului. Mijlocul magnetului unde nu se constată o acțiune magnetică se numește linia neutră.

Dar să apropiem magnetul și de alte substanțe decât fier sau oțel, ele nu mai sunt atrase.

Deci numai corpurile feroase au proprietăți magnetice. Totuși mai sunt câteva corpuri care au proprietăți magnetice și anume: cobaltul, nichelul și unele aliaje speciale (cupru, mangan și aluminiu).

43. **Busola.** Magnetizăm o limbă de oțel (de forma unui romb alungit) și-o suspendăm cu un fir trecut prin centrul ei de greutate sau o fixăm pe un suport ascuțit astfel ca să se poată roti în voie. Acesta este un *ac magnetic*.

Constatăm că acul se rotește așezându-se cu un capăt spre Nord, celălalt capăt fiind îndreptat spre Sud.

Schimbăm poziţia acului. Vom observa că acelaşi vârf al acului se îndreaptă aproape spre Nord. Numim acest vârf pol Nord (notat cu N) de obiceiu înnegrit sau vopsit albastru; vârful opus îl numim pol Sud (notat cu S).

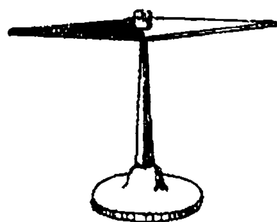


Fig. 75. — Ac magnetic

Proprietatea acului, de a se aşeza pe direcţia Nord-Sud, a fost descoperită, de Chinezi de aproape 4000 ani.

Această proprietate a fost folosită pentru orientarea pe mare.

Acul magnetic este partea principală a busolei.

Ea serveşte pentru a ne indica punctele cardinale. Se compune dintr'o cutie, care în mijloc are un mic ax vertical, pe care se roteşte acul magnetic. Pe fundul cutiei sunt indicate punctele

Fig. 76. — Acul magnetic se aşază aproape pe direcţia geografică Nord-Sud.

cardinale. Invârtim busola astfel ca polul Nord al acului să se aşeze pe punctul Nord de pe busolă şi vom citi apoi toate celelalte puncte cardinale. Cutia busolei nu trebue să fie dintr'o substanţă feroasă deoarece în acest caz acul busolei ar fi deviat dela direcţia Nord.

Busola este un aparat de mare preţ, pentrucă ea serveşte pentru orientare, atunci când nu cunoaştem o regiune sau când nu avem obiecte faţă de care să ne orientăm: astfel este pe mare şi în avion. Fără ele navigaţia şi sborul ar fi imposibile. Busola întrebuinţată pentru aceste scopuri se mai numeşte şi *compas*.

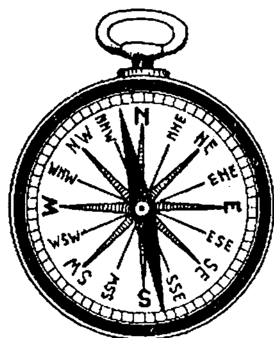


Fig. 77. — Busola

44. **Istoric.** Fenomenele magnetice ale unor minerale au fost cunoscute din vechime de multe popoare.

Invăţatul grec, Thales din Milet, care a trăit între anii 630—550 înainte de epoca noastră, pare să fi cunoscut aceste lucruri. Alţi învăţaţi greci care au trăit 200—300 ani mai târziu, Platon şi Aristoteles, vorbesc în scrierilor lor de aceste însuşiri.

Lucretius, poet roman, descrie şi el fenomenul şi arată că numele de magnetism vine dela localitatea Magnesia.

Chinezii au cunoscut proprietatea magneţilor şi au folosit-o de multă vreme pentru construirea busolei.

Cercetări şi studii mai precise s'au făcut însă mai târziu de către William Gilbert (1540—1603) şi mai târziu de către Coulomb (1736—1806).

In anul 1819 Oersted găseşte că între magnetism şi electricitate sunt legături foarte importante şi astfel se pun bazele electromagnetismului.

45. **Acţiunea reciprocă a polilor.** Să apropiem de polul Nord al unui ac magnetic polul Nord al altui ac magnetic. Vom constata că se îndepărtează între ei. La fel se petrec lucrurile cu polul Sud apropiat de polul Sud al altui ac magnetic.

Tragem concluzia că polii magnetici de acelaşi nume se resping între ei.

Să apropiem de polul Nord al unui ac magnetic polul Sud al altui ac magnetic; aceştia se vor atrage.

Deci *polii de nume contrar Nord şi Sud se atrag, iar polii de acelaşi nume Nord şi Nord, Sud şi Sud se resping.*

Dar mişcarea unui corp în repaus este provocată numai de o forţă. Deci între poli se ivesc forţe de atracţie şi de respingere.

Coulomb a constatat că forța care atrage doi poli de nume contrar sau respinge doi poli de același nume este cu atât mai mare cu cât polii sunt magnetizați mai puternic; pe de altă parte, însă, dacă distanța între poli se mărește, forța se reduce foarte mult.

Coulomb, făcând măsurători exacte, a stabilit că: *Forța care*



Fig. 78. — Călătorii se orientează cu busola

ia naștere între cei doi poli magnetici este proporțională cu masa polilor, dar invers proporțională cu pătratul distanței între ei.

Această lege se exprimă prin formula:

$$F = \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2},$$

în care:

m_1 şi m_2 sunt masele magnetice;
d este distanţa între ei;
F forţa care se exercită.

Dacă în apropierea unui magnet aşezăm mai multe ace magnetice care se pot mişca liber pe suportul lor, fiecare din aceste ace va lua o anumită direcţie, aşa cum se vede în fig. 79, ceea ce dovedeşte că în fiecare punct din jurul unui magnet se exercită forţa magnetului, *după o anumită direcţie.*

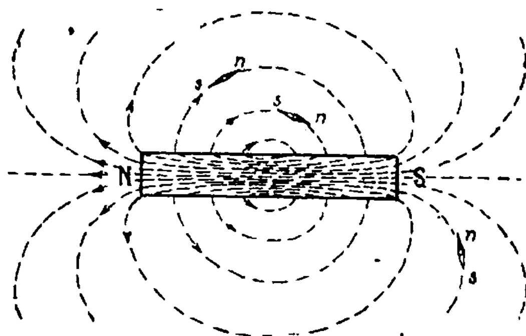


Fig. 79. — Acţiunea magnetului asupra unui ac magnetic

Să facem altă experienţă. Peste un magnet să punem o hârtie şi pe ea să presărăm pilitură de fier. Vom constata că pilitura de fier se aşează după anumite linii, căci fiecare părticică de pilitură a devenit un foarte mic magnet care este supus unei forţe având o anumită direcţie. Acest desen se numeşte *spectru magnetic.*

Constatăm că liniile de aşezare a piliturii pleacă dela un pol şi se termină la celălalt pol.

Un mic ac magnetic plimbat în lungul unei linii de forţă se aşază după direcţia tangentei din acel punct, aceste linii arată deci direcţia după care se exercită forţa magnetului. Ele se numesc de aceea *linii de forţă.*

Mai putem face şi alte experienţe care să ne arate acţiunea forţei magnetice. Să luăm un ac pe care-l vom magnetiza şi-l

vom înfige într'o bucată de plută. Il așezăm pe apă într'un vas de sticlă. Apropiem polul Nord al unui magnet în formă de potcoavă de polul Nord al acului. Vom constata că acesta se va

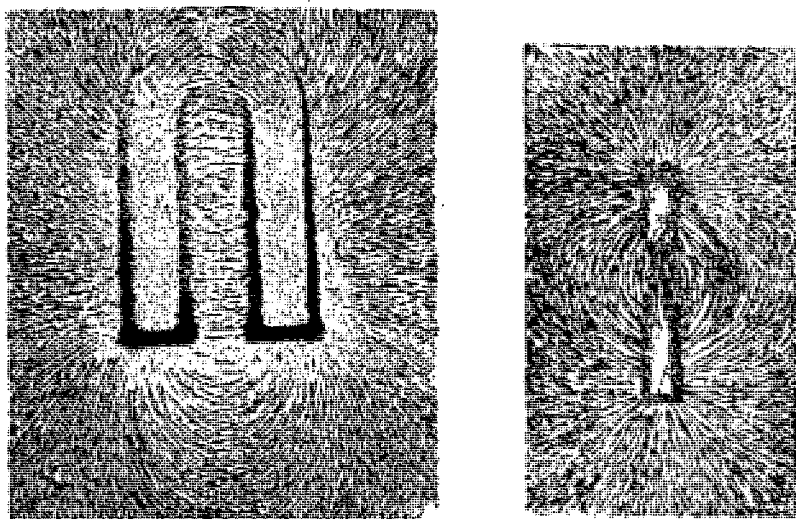


Fig. 80 a, b. — Spectru magnetic

mişca pe o linie curbă din dreptul polului Nord spre cel Sud. Această linie curbă este chiar o linie de forță. Iată deci încă o dovadă că forța magnetului se exercită pe direcția acelei linii.

S'a admis că liniile de forță au un sens şi anume dela Nord

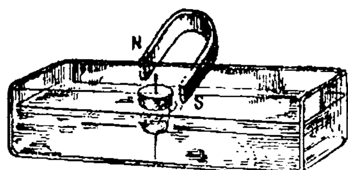


Fig. 81 a. — Acul magnetic se mişcă pe o linie de forță

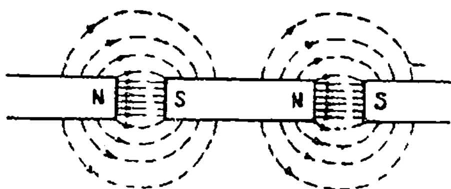


Fig. 81 b. — Magnetism prin inducție

spre polul Sud. Prin urmare liniile de forță ies din polul Nord şi ajung la Polul Sud; ele se închid apoi prin însăşi corpul magnetului.

46. **Magnetizare prin inducție sau influență.** Am văzut că dacă apropiem un magnet de o bară de fier moale, aceasta capătă proprietatea de a atrage pilitura de fier.

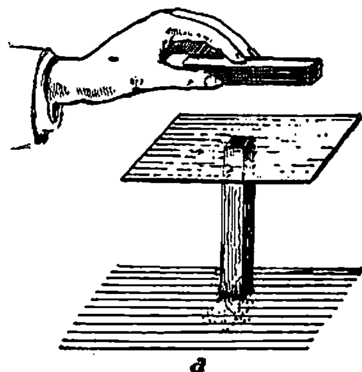
Deci: *fierul în apropierea unui magnet se magnetizează și el.* Asemenea magnetizare se numește *prin inducție* sau *influență.*

Dacă apropiem bara de fier de polul N al magnetului atunci capătul barei, vecin cu polul Nord, a devenit pol Sud, iar capătul îndepărtat a devenit pol Nord.

Să punem o bucată de sticlă între magnet și fier, nimic nu se schimbă. Deci acțiunea magnetică nu este modificată prin interpunerea sticlei. La fel se întâmplă și dacă interpunem alte corpuri: cupru; aluminiu, etc.

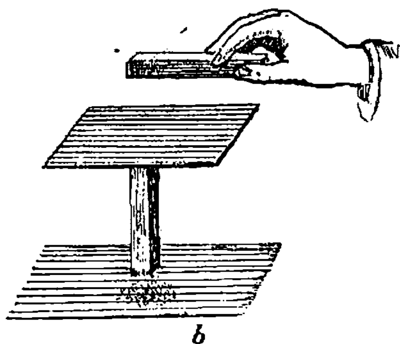
Să interpunem însă între magnet și bara de fier o altă bucată de fier. Bara de fier nu mai atrage pilitura de fier sau o atrage foarte puțin.

Spunem că putem opri inducția magnetică cu o placă de fier sau de oțel.



a

Fig. 82 a. — Sticla nu poate schimba acțiunea unui magnet



b

Fig. 82 b. — Fier într'un câmp magnetic

47. **Intensitatea câmpului magnetic.** *Spațiul în care se află liniile de forță poartă numele de câmp magnetic.*

Dacă într'un câmp magnetic stabilim care este forța ce se exercită asupra unei mase magnetice egale cu 1, pe care o deplasăm în diferite puncte, înseamnă că am stabilit *intensitatea câmpului magnetic* în acele puncte; ea se însemnă cu *H.*

Deci: *Intensitatea câmpului magnetic este forța care se exercită asupra unității de masă magnetică.*

După legea lui Coulomb avem:

$$F = \frac{m_1 m_2}{d^2},$$

dar dacă $m_2 = 1$

$$F = \frac{m_1 1}{d^2} = \frac{m_1}{d^2}; \text{ deci } H = \frac{m_1}{d^2}.$$

Cunoscând pe H putem să determinăm forța F care se exercită asupra oricărei mase M:

$$\text{căci } F = \frac{m_1 M}{d^2}, \text{ dar } \frac{m_1}{d^2} = H \text{ și deci } F = HM.$$

Un câmp magnetic este complet determinat dacă îl stabilim pe H în fiecare punct, ca mărime și direcție.

Din orice spectru se constată că liniile de forță se îndesesc pe măsura apropierii de poli.

Dar în apropierea polilor și forța este mai mare.

Prin urmare:

Cu cât liniile de forță sunt mai dese într'un câmp cu atâta intensitatea câmpului este mai mare.

Vom putea defini intensitatea câmpului: *numărul liniilor de forță care trec printr'o secțiune transversală egală cu 1 cm².*

Iată deci că avem un mijloc simplu de a ne da seama de mărimea intensității câmpului magnetic.

Dacă între polii unui magnet în formă de potcoavă, aducem o bucată de fier, constatăm că liniile de forță nu-și mai urmează drumul lor dinainte, ci se închid prin această bucată de fier.

Deci în bucata de fier liniile de forță se îndesesc.

Să ținem minte acest lucru căci îl vom mai întâlni la mașinile electrice și are mare importanță.

Dar dacă liniile de forță se îndesesc înseamnă că intensitatea câmpului, după ce am pus bucata de fier, este mai mare decât era mai înainte când nu era fierul.

Intensitatea astfel mărită o numim *intensitatea câmpului de inducție* sau mai simplu *inducție*, și se înseamnă cu B. Prin urmare printr'un cm² de secțiune a fierului trec mai multe linii de forță decât prin aer.

Putem scrie:

$$B = \mu H$$

în care μ (literă grecească care se citește miu) arată cu cât fierul este mai lesne străbătut de liniile de forță decât aerul.

El se numește *coeficient de permeabilitate.*

48. Explicația magnetismului. Dacă împărțim un magnet în mai multe bucăți, fiecare devine un magnet cu cei doi poli, Nord și Sud. Nu vom izbuti niciodată să obținem un magnet cu un singur pol.

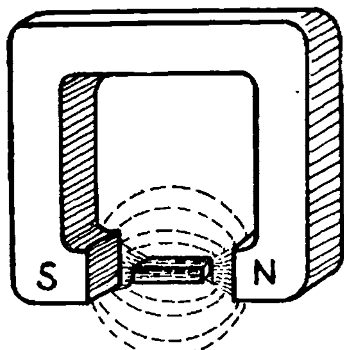


Fig. 83 a. — Liniile de forță se închid prin bucata de fier interpusă

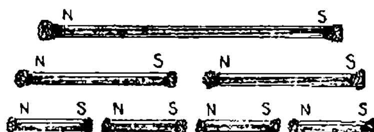


Fig. 83 b. — Divizarea magneților

Dacă vom continua împărțirea vom ajunge la magneți foarte mici. Trebue să admitem că însăși părțile cele mai mici de materie, moleculele, sunt și ele magnetice.

In mod obișnuit, într'o bucată de fier, acești mici magneți sunt îngrămădiți în pozițiuni oarecare, după cum se vede în fig. 84 în care sunt arătate moleculele prin mici cercuri având polul Nord colorat negru, iar cel Sud, alb.

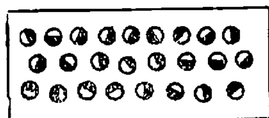


Fig. 84. — Particulele unei bucăți de fier nemagnetizate

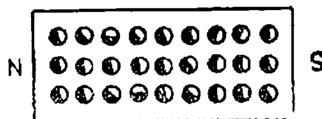


Fig. 85. — Particulele unei bucăți de fier magnetizate

Intr'o astfel de aranjare a moleculelor nu se manifestă niciun efect magnetic.

Dacă fierul este magnetizat, toate moleculele sunt îndreptate cu polul Nord în aceeaşi direcţie şi, bine înţeles, polul Sud în direcţia contrară.

Această aranjare a moleculelor se întâmplă când apropiem un magnet de bucata de fier.

In această mişcare a moleculelor ele întâmpină o rezistenţă din cauza frecărilor.

Frecarea este mai mare la oţel şi mai mică la fierul moale. De aceea oţelul se magnetizează mai greu decât fierul, dar păstrează mai bine magnetismul căpătat.

Fierul, însă, dacă îndepărtăm magnetul, îşi pierde calitatea de magnet; rămâne numai cu o urmă de magnetism, numit *magnetism remanent.*

De aceea magneţii se fac numai din oţel.

Dacă toate particulele de materie s'au aşezat cum am arătat mai sus, orice încercare de a magnetiza materia mai mult este fără folos. S'a ajuns astfel la *saturaţie magnetică,* fenomen important pe care-l vom întâlni la maşinile electrice.

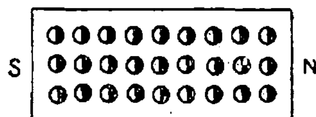


Fig. 86. — Particulele unei bucăţi de fier magnetizate la saturaţie

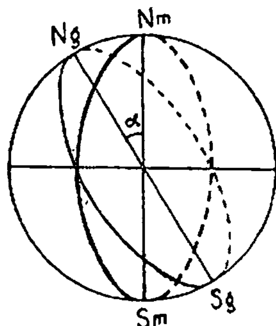


Fig. 87. — Meridiane geografice şi magnetice

O bară de fier incălzită la vreo 800⁰ sau lovită puternic cu un ciocan îşi pierde proprietăţile magnetice.

49. **Magnetismul terestru.** Am văzut că un ac magnetic se aşază totdeauna după o anumită direcţie. Această direcţie se numeşte *meridian magnetic.* Se ştie că dacă pe globul pământesc tragem nişte cercuri, care trec prin cei doi poli, obţinem o serie de linii, numite *meridiane geografice.*

Cele două feluri de meridiane nu coincid. Unghiul format de ele în fiecare punct se numeşte unghiu de *declinaţie magnetică*.

Dar să luăm un ac magnetic care se poate roti în jurul unui ax orizontal.

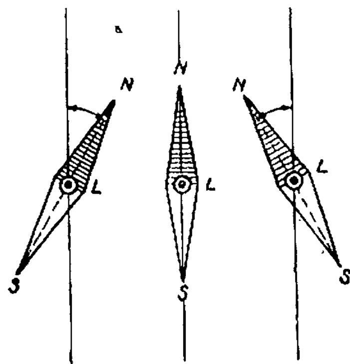


Fig. 88. — Declinaţia magnetică poate fi spre Est sau spre Vest. Liniile verticale arată meridiane

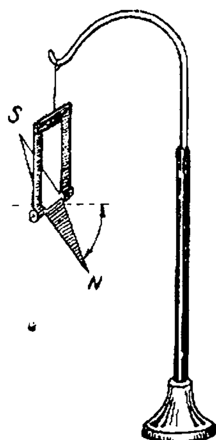


Fig. 89. — Inclinaţie magnetică

Să-l orientăm după direcţia Nord-Sud, adică să-l aşezăm după direcţia pe care o arată o busolă.

Vom observa că polul Nord se înclină în jos. Unghiul format de ac cu o linie orizontală se numeşte *unghiu de înclinaţie magnetică.*

Există un punct pe suprafaţa pământului unde acul se aşază vertical şi cu polul Nord în jos. De asemenea există alt punct unde acul se aşază tot vertical, dar cu polul Sud în jos.

Aceştia sunt polii magnetici ai pământului; ei nu coincid cu polii geografici.

Cele arătate mai sus dovedesc că în jurul pământului este un câmp magnetic, care are diferite intensităţi în diferitele puncte dela suprafaţa pământului. Acesta este *câmpul magnetic terestru.*

S'a constatat că declinaţia, înclinaţia şi intensitatea câmpu-

lui magnetic pământesc sunt variabile în acelaş punct. Unele variaţii sunt seculare, altele anuale şi altele zilnice.

La Bucureşti unghiul de declinaţie a variat în 30 de ani dela 4°, 12', 7" la 0°, 4', 0", iar unghiul de înclinaţie dela 58°, 46', 0" la 60°, 28', 4".

In unele locuri de pe suprafaţa pământului, elementele magnetice arătate mai sus diferă foarte mult de valorile care se găsesc în apropiere. Acestea sunt denumite *anomalii magnetice* şi sunt datorite, uneori, zăcămintelor de minereuri magnetice. In U.R.S.S., la Cursc, se constată asemenea anomalii datorită marilor zăcăminte de minereuri de fier.

S'au făcut diferite ipoteze asupra magnetismului terestru, dar cercetările de până acum nu le-au verificat.

Acţiunile magnetice ale curentului

50. **Curentul electric produce un câmp magnetic.** Am făcut la început o experienţă pe care o vom repeta.

Deasupra unui ac magnetic aşezăm un fir de cupru izolat paralel cu el. Legăm acest fir la un acumulator; închidem între-

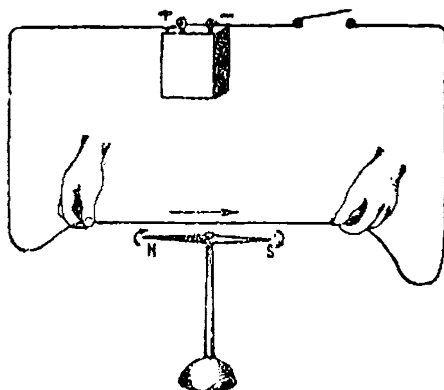


Fig. 90. — Curentul electric deviază acul magnetic

rupătorul. Acul magnetic deviază din poziţia sa iniţială. Deschidem întrerupătorul, acul revine la poziţia sa iniţială. Schimbăm sensul curentului, acul deviază în sens contrar.

Dar experienţa o putem face şi cu un circuit mai complicat,

de exemplu: o sârmă de metal, un tub electric luminos şi o baie în care se face electroliza, legate în serie.

Acul magnetic va fi deviat în orice punct l-am aşeza în apropierea acestui circuit.

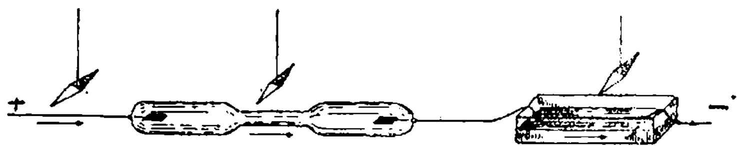


Fig. 91. — Curentul electric prin orice conductor produce devierea acului magnetic

Iată un prim rezultat aflat, care, după cum vom vedea, este de foarte mare importanţă: *acul magnetic aşezat în vecinătatea unui curent electric este deviat;* deci asupra lui se exercită o forţă căci altfel nu s'ar mişca.

Acest lucru ne dovedeşte că trecerea curentului prin fir este însoţită de efecte magnetice.

Prin urmare: *curentul electric produce un câmp magnetic.*

Dacă în experienţa de mai sus mărim intensitatea curentului devierea va fi şi mai mare. De asemenea dacă înfăşurăm mai multe fire prin care să treacă curentul.

Dacă modificăm sensul curentului, schimbând legăturile la bornele acumulatorului, se schimbă sensul de deviere al acului magnetic.

Dar, dacă în jurul curentului se produce un câmp magnetic să cercetăm ce formă au liniile de forţă.

Să facem pentru aceasta o altă experienţă.

Aşezăm un carton orizontal. Printr'o gaură trecem firul electric. Presărăm pe carton pilitură de fier. Inchidem întrerupătorul circuitului. Lovim uşor cartonul pentru ca să ajutăm piliturii să se desprindă de carton. Vom observa că ea se aranjează în cercuri concentrice, iar dacă apropiem câteva ace magnetice mici, vom observa că polul Nord al tuturor se va îndrepta în acelaşi sens şi că direcţia acului este tangentă la cercul care trece prin acel punct.

In concluzie: *liniile de forţă produse de un curent liniar sunt cercuri concentrice aşezate într'un plan perpendicular pe direcţia curentului.*

Să schimbăm sensul curentului şi vom observa că sensul polului Nord s'a schimbat.

Dar sensul liniilor de forță este acela în care se îndreaptă polul Nord al acului magnetic.

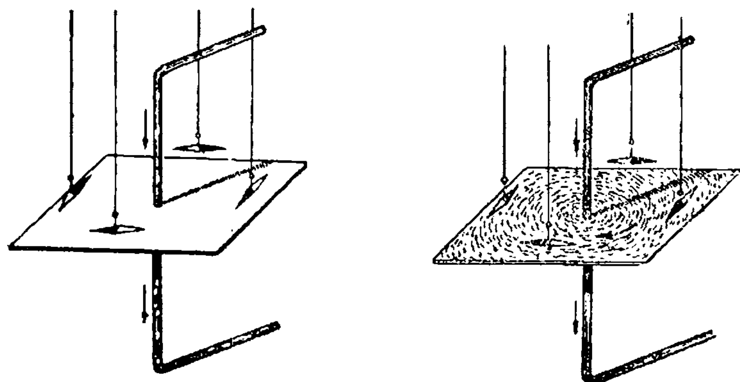


Fig. 92 a, b. — Liniile de forță ale curentului liniar

Acest sens se poate stabili şi fără ac magnetic observând că este acela de răsucire al unui burghiu când înaintează în sensul curentului

De aici deducem *regula burghiului:*

Invârtind un burghiu astfel ca el să intre în conductor după mersul curentului, sensul de învârtire al mânerului arată sensul în care de-

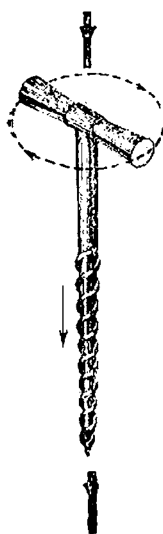


Fig. 93. Regula burghiului

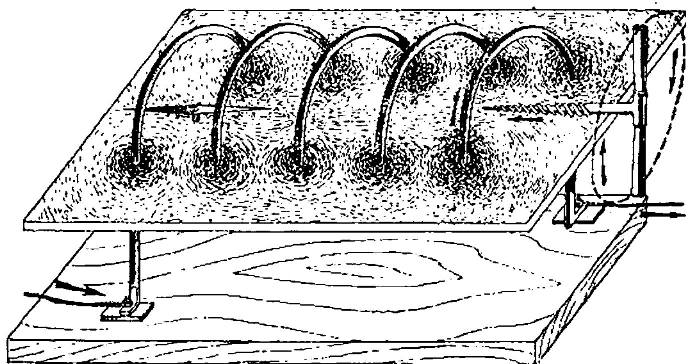


Fig. 94 a. — Câmpul magnetic al unei bobine electrice

viază polul Nord al acului magnetic, deci orientarea liniilor de forță.

51. **Bobina electrică.** Să luăm un carton în care să facem mai multe găuri în locuri potrivite așa cum se vede în fig. 94 a.

Să luăm apoi o sârmă mai groasă și să facem din ea o spirală trecând-o prin găurile despre care am vorbit mai sus.

O asemenea spirală se numește *bobină* sau *solenoid;* ea are, în cazul de față, 5 spire, adică 5 învârtituri.

Să legăm clemele ei la o sursă de curent, de exemplu la bornele unui acumulator.

Să presărăm pilitura de fier pe carton. Vom constata că aceasta se așază după liniile de forță care au forma arătată în figură, adică constatăm o mare asemănare cu liniile de forță ale unui magnet. Ele ies dintr'o parte a bobinei și intră în cealaltă parte.

De aici putem trage concluzia că bobina produce aceleași efecte ca și un magnet.

In adevăr, cu ajutorul unui ac magnetic se poate constata că bobina la un capăt a devenit pol Nord, iar la celălalt capăt pol Sud. Și anume a devenit pol Nord acolo de unde ies liniile de forță, iar pol Sud acolo unde intră liniile de forță.

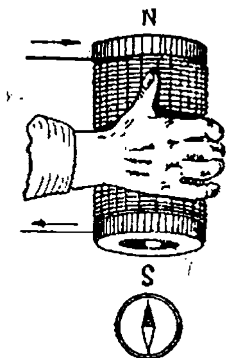


Fig. 94 b. — Altă regulă pentru determinarea polilor unei bobine

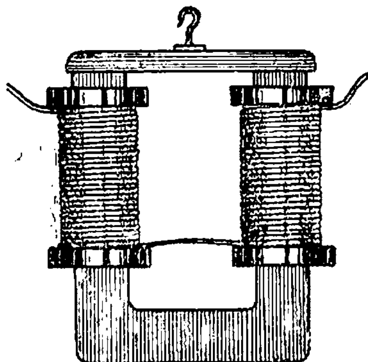


Fig. 94 c. — Electromagnet

Regula burghiului ne arată în ce sens se produce polul Nord. Dacă presupunem că învârtim un burghiu în sensul în care circulă curentul în spirele bobinei, sensul de înaintare al burghiului arată polul Nord.

52. Electromagnet. Să înfăşurăm sârma izolată în jurul unei bare de fier moale, vom face deci un mosor a cărui inimă este de fier.

Capetele sârmei le legăm la bornele unui acumulator.

Ne aşteptăm ca fierul să devină magnet, fiind în apropierea bobinei magnet. Dar în acest caz pe lângă liniile de forţă ale bobinei se adaugă şi liniile de forţă ale fierului magnet; deci acţiunea magnetică a unei asemenea bobine cu inimă de fier este mult mai puternică.

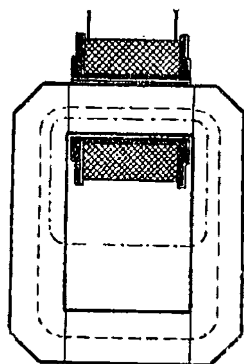
Deoarece un asemenea magnet este datorit curentului electric el se numeşte *electromagnet.*

Acţiunea magnetului este cu atât mai mare cu cât numărul de spire este mai mare şi cu cât intensitatea curentului este mai mare.

Dacă întrerupem curentul, proprietatea de magnet a bobinei şi a miezului dispare. Forţa produsă de electromagneţi este cu mult mai mare decât aceea a magneţilor artificiali.

In U.R.S.S. emeritul savant rus Kapitza a construit electromagneţi uriaşi utilizaţi în studiul fenomenelor atomice pentru descoperirea secretelor materiei, pentru a pune la dispoziţia oamenilor imense cantităţi de energie în scopuri paşnice.

53. Circuit magnetic. Să luăm o ramă de fier moale după cum se vede în fig. 95 şi să înfăşurăm o sârmă izolată, ale cărei capete le legăm la o sursă de curent electric.


Fig. 95. — Circuit magnetic închis

Am construit prin urmare un electromagnet al cărui miez este închis.

Cu ajutorul pilíturii de fier presărate pe un carton vom constata că liniile de forţă sunt aproape toate concentrate în miez şi că înafară sunt puţine.

Dacă liniile de forţă s'au strâns în miez înseamnă că au găsit drumul cel mai lesnicios, care prezintă cea mai mică rezistenţă pentru ele.

Am văzut că liniile de forţă ies din polul Nord şi se întorc prin polul Sud.

Inseamnă că avem un drum închis al lor prin miezul de fier.

Cadrul de fier cu bobina formează un circuit magnetic.

Totalitatea liniilor de forţă care trec printr'un circuit magnetic se numeşte *flux magnetic* şi se înseamnă cu Φ (litera grecească care se citeşte fi).

Fluxul se măsoară în maxwelli (citeşte maxueli) după numele unui fizician care a stabilit legi importante în electricitate.

Fluxul este produs de bobina prin care trece curentul electric.

Fluxul într'un circuit magnetic, adică numărul liniilor de forţă, este cu atât mai mare, cu cât numărul spirelor bobinei este mai mare şi cu cât intensitatea curentului este mai mare.

Produsul între numărul spirelor şi intensitatea curentului se numeşte *numărul de amperspire* şi se înseamnă cu A.S.

Exemplu:

O bobină are 50 spire, iar prin ele trece un curent de 5 A. Numărul de amperspire este:

$$AS = 50 \times 5 = 250.$$

Am arătat că numărul liniilor de forţă care trece printr'un cm^2 al secţiunii circuitului magnetic se numeşte *intensitatea câmpului de inducţie magnetică* sau mai pe scurt *inducţiune*. Se notează cu B şi se măsoară cu gauşi (citeşte gauşi). Denumirea de gauss este după numele unui fizician.

$$1 \text{ gauss} = \frac{1 \text{ maxwell}}{1 \text{ cm}^2}.$$

Se demonstrează că într'un circuit magnetic

$$\Phi = \frac{1{,}25 \times AS}{R},$$

în care:

Φ este fluxul magnetic care trece prin circuit măsurat în maxwelli;
AS este numărul amperspirelor.

R este rezistența pe care o opune circuitul magnetic trecerii fluxului magnetic. Ea se numește *reluctanță*.

Formula rezistenței circuitului magnetic se aseamănă cu formula rezistenței unui circuit electric, și anume:

$$R = \frac{l}{\mu S},$$

în care:

l = lungimea circuitului magnetic, în cm;

S = grosimea lui, în cm^2;

μ = coeficientul de permeabilitate al materialului circuitului.

Vom numi pe 1,25 AS forță magnetomotoare și o vom însemna FM. În acest caz formula de mai sus devine $\Phi = \frac{FM}{R}$ adică o formulă asemănătoare cu a lui Ohm, pentru circuitele electrice. Ea exprimă că: *Fluxul magnetic într'un circuit magnetic este egal cu forța magneto-motoare împărțită prin reluctanța circuitului.*

După cum se poate constata:

— fluxul magnetic se aseamănă intensității curentului;

— forța magneto-motoare cu forța electromotoare;

— reluctanța se aseamănă cu rezistența.

Să întrerupem circuitul magnetic de fier așa cum se vede în fig. 96. Spațiul liber se numește *întrefier*. Vom constata că liniile de forță se închid prin întrefier, dar numărul total al liniilor de forță care trece prin circuit este mai mic, dacă am păstrat același număr de amperspire.

Aceasta dovedește că *un circuit magnetic care are întrefier opune o rezistență mai mare fluxului magnetic.*

Toate mașinile electrice au un circuit magnetic. Unele au circuitul închis, iar altele au un întrefier în circuitul magnetic.

Saturația fierului. Să reluăm circuitul magnetic închis. Din formula $\Phi = \frac{1,25 \times AS}{R}$ înseamnă că fluxul crește dacă mărim numărul amperspirelor, adică mărind intensitatea curentului care trece prin bobină.

Se constată însă că dela o anumită valoare a amperspirelor fluxul crește foarte încet.

Fierul este atunci *saturat* adică el nu mai permite îndesirea liniilor de forță.

Permeabilitatea fierului. Am văzut mai sus că într'un circuit magnetic avem o inducție însemnată cu B.

Dacă scoatem miezul de fier, în jurul bobinei vor continua a fi

linii de forță, dar, mai puține. Acest câmp de linii de forță are o anumită intensitate H după cum am arătat mai înainte.

Intre B și H este următoarea legătură:

$$B = \mu H$$

μ = este permeabilitatea magnetică.

Permeabilitatea vidului este 1, de asemenea permeabilitatea celor mai multe corpuri este aproape de 1: și anume a unora mai mică de 1, aceste corpuri se numesc *diamagnetice*, și a altora mai mare ca 1 acestea se numesc *paramagnetice*. Fierul, cobaltul și nichelul au permeabilități foarte mari, 5000 și chiar mai mult.

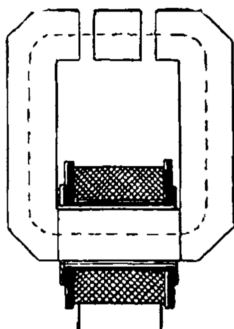


Fig. 96. — Circuit magnetic cu întrefier

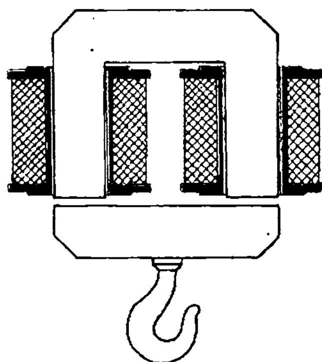


Fig. 97. — Electromagnet-potcoavă

Aceste corpuri se numesc *feromagnetice*. In electrotehnică se folosește numai fierul și derivatele lui: oțelul, fonta, etc.

54. **Cum este construit un electromagnet**. Electromagneții se fac cu miez de fier moale și deseori în formă de potcoavă. La aceștea observăm că bobinările au sensuri diferite, așa cum se arată în fig. 98.

Dacă ne vom gândi la regula burghiului ne vom da imediat seama că pentru a avea la un capăt polul Nord, iar la celălalt polul Sud trebue ca sensul curentului în cele două ramuri să fie invers, ceea ce se obține înfășurând firul în sens contrar.

In fața polilor se așează o bucată de fier, numită *armatură* și care este atrasă de poli. Forța de atracție a unui electromagnet se calculează cu formula:

$$F = \frac{S \times B^2}{8 \times \pi} \times \frac{1}{981} \text{ grame}$$

în care B este inducția magnetică în gauşi, iar S secțiunea în cm^2. Forța de atracție variază între 1—4 kg/cm^2 de suprafață polară.

55. **Cum se fabrică magneții.** Se obțin din oțeluri speciale, constituite din aliaje ale fierului cu tungsten sau cobalt, călite

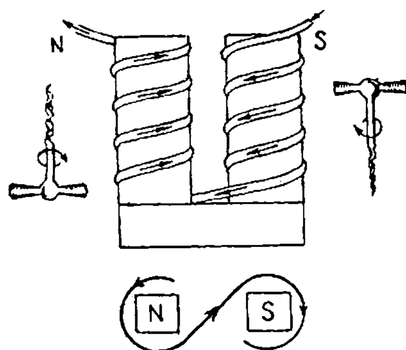


Fig. 98. — Sensul bobinării sârmei unui electromagnet

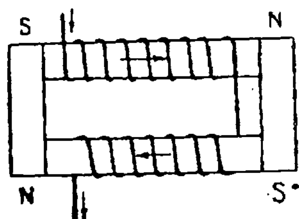


Fig. 99. — Fabricarea magneților

înainte de magnetizare. Pentru a fabrica magneți în formă de bare, se taie bucăți de oțel după cum se vede în fig. 99 și se înfăşoară cu sârmă, lăsând câteva secunde să treacă un curent.

Se îndepărtează apoi bobina, iar magneții obținuți se păstrează cu armaturile lor.

Aplicațiile electromagneților

Electromagneții au numeroase întrebuințări practice.

56. **Soneria electrică.** Mai toată lumea a văzut un clopot de sonerie electrică. Fig. 100 arată un asemenea aparat după ce s'a ridicat capacul.

Să explicăm compunerea aparatului:

ABC este un electromagnet în formă de potcoavă; pe fiecare ramură a potcoavei este câte o bobină. Un capăt al bobinei este legat la şurubul *D*, celălalt capăt la o lamă elastică de oțel *E* de care este prinsă, cu şuruburi, o bucată de fier moale terminată printr'un ciocănel *F*.

Lama de oţel se reazemă pe şurubul *G* care se leagă cu un fir de metal cu şurubul *H*.

Clopotul este legat la o sursă de curent, aşa cum se arată în fig. 101, *I* şi *J* sunt butoane care închid curentul atunci când le apăsăm.

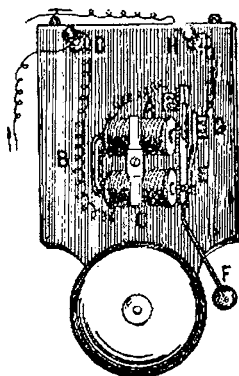


Fig. 100. — Clopot de sonerie electrică

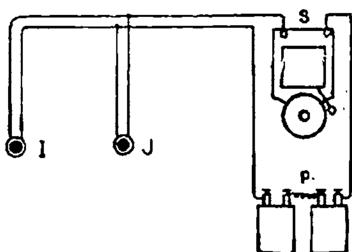


Fig. 101. — Schema instalaţiei unei sonerii electrice

Să examinăm ce se întâmplă când apăsăm oricare din butoane, de exemplu *I*. Circuitul se închide. Curentul dela baterie trece prin bobinele electromagnetului, prin lamă, şurubul de contact şi se întoarce la cealaltă bornă a bateriei.

Dar electromagnetul la trecerea curentului se magnetizează, atrage piesa de fier şi deci şi lama cu ciocănelul care loveşte clopotul.

Lama însă îndepărtându-se de şurubul *G*, întrerupe circuitul electric şi deci curentul nu mai poate trece. Electromagnetul se demagnetizează şi nu mai poate atrage piesa de fier care, trasă de lama elastică, revine la loc. Dar în această poziţie lama face din nou contact cu şurubul. Circuitul se închide deci din nou, un curent va trece prin bobină, electromagnetul se magnetizează din nou, atrage piesa şi ciocănelul loveşte iar clopotul şi fenomenul se repetă mai departe.

Curentul se întrerupe şi se restabileşte de mai multe ori pe secundă şi tot de atâtea ori ciocănaşul loveşte clopotul care sună.

Dacă ridicăm degetul de pe buton, circuitul electric se întrerupe şi soneria nu mai sună.

Ca sursă de energie electrică se folosesc de obiceiu pile Leclanché. Dacă dispunem însă de curent dela uzina electrică se poate folosi şi acesta, dar mai întâi trebue transformat şi, anume, trebue să i se reducă tensiunea la 2 sau 4 V, ceea ce se face cu ajutorul unor aparate numite *transformatoare.*

57. **Telegraful Morse.** Cu ajutorul telegrafului se transmit la mare distanţă semnale scrise.

Denumirea de telegraf vine dela două cuvinte greceşti: „tele" departe şi „grafein" a scrie.

Cea mai simplă instalaţie se compune precum urmează:

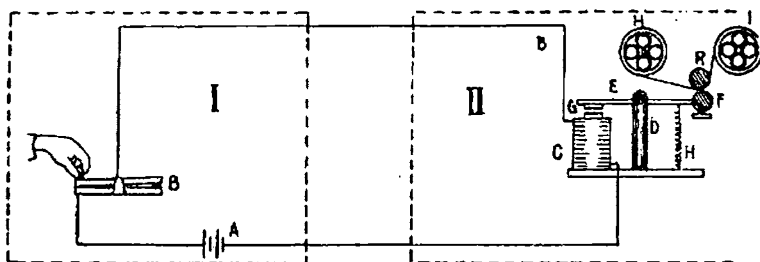


Fig. 102. — Telegraf Morse

Transmiterea semnalelor se face dela o staţie *I* la altă staţie *II*. Pentru emiterea semnalelor din *I* avem următoarele aparate:

O baterie de elemente *A*, care are o bornă legată la un întrerupător *B* de construcţie specială, iar cealaltă bornă este legată de capătul unei sârme de metal care merge la staţia *II*.

Intrerupătorul este legat la a doua sârmă care merge şi ea la *II*. Acest întrerupător are o pârghie, care se mişcă în jurul unei axe când apăsăm pe butonul izolat.

Eliberând butonul, pârghia este trasă de un resort în poziţia avută înainte.

La staţia *II* este un aparat compus dintr'un electromagnet *C*, un suport *D* susţinând o pârghie *E* care se poate roti în jurul axului său.

Pârghia are la un capăt o bucată de fier *G* care se găseşte deasupra şi în apropiere de electromagnet.

Capătul opus al pârghiei este tras în jos de resortul *H*.

Acest capăt poartă o rolă care lasă urme pe o bucată de hârtie înfăşurată pe roţile H şi I, mişcate de un mecanism de ceasornic.

Cele două capete a'e electromagnetului C sunt legate la sârmele care vin dela staţia de emisiune.

Cum funcţionează telegraful. In staţia I, apăsând pe buton, întrerupătorul prin contactele sale închide circuitul electric.

Inchizând circuitul, trece prin el un curent electric care magnetizează electromagnetul din staţia II. Acesta atrage bucata de fier G. Roata F de pe pârghie atinge banda de hârtie care se reazemă pe sulul R.

Dacă apăsăm un timp mai lung pe butonul întrerupătorului, rotiţa va apăsa şi ea timp mai lung pe hârtie şi va lăsa ca urmă o liniuţă. Dacă apăsarea durează mai puţin, pe hârtie rămâne doar un punct. Din puncte şi linii s'a făcut un alfabet. Astfel transmiţând din I în II un punct şi o linie (.—) înseamnă că am transmis litera „a" şi aşa mai departe.

Pentru a se putea face transmiterea semnalelor şi din II la I, trebue să instalăm în II o staţie de *emisiune*, iar în I una de *recepţie*.

In mod obişnuit nu se mai face legătura între I şi II prin două fire ci numai unul singur (fig. 103).

O bornă a bateriei este legată la o placă de metal care se

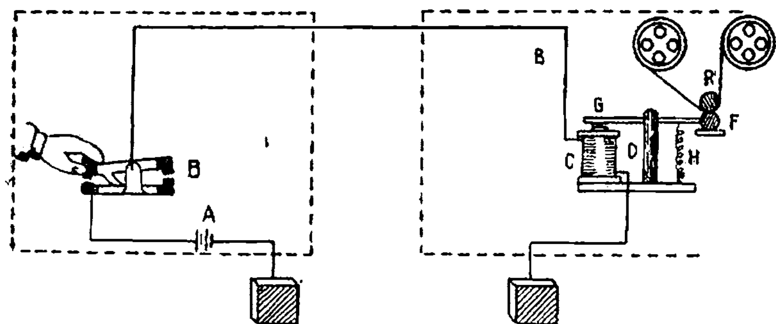


Fig. 103. — Schema a două staţii telegrafice legate printr'un singur fir

pune în pământ; de asemenea un capăt al bobinei electromagnetului în staţia II se leagă la o placă introdusă în pământ.

Circuitul electric se închide acum prin pământ.

In general, fiecare din stațiile I și II este și emițătoare și receptoare și posedă ambele feluri de aparate.

Sistemul de telegraf mai sus arătat, descoperit pe la 1840, a fost mai târziu mult perfecționat.

Telefonul. Un alt mijloc tehnic pentru transmiterea comunicărilor la distanță este telefonul.

Numele vine dela cuvintele grecești: tele = departe și fone = sunet, adică transmițător de sunete la distanță.

Il vom examina mai târziu.

58. **Alte întrebuințări ale electromagneților.** Proprietatea electromagneților de a atrage piesele de fier este folosită foarte mult în industrie.

Se construesc electromagneți cu o forță de atracție foarte mare. Ei sunt folosiți la *macarale* pentru a prinde piese care trebue ridicate.

Se apropie macaraua de piesa ce trebue ridicată, se închide întrerupătorul electric al electromagnetului; prin el va trece un curent electric; miezul se magnetizează și atrage obiectele de fier. Cu ajutorul macaralei, obiectele sunt transportate la locul unde este necesar. Se întrerupe apoi curentul. Sâmburele se demagnetizează și piesele de fier se desprind.

Electromagneții mai sunt întrebuințați pentru a separa *materiale feroase* de materiale neferoase aflate în aceleași grămezi, știind că numai materialele feroase sunt magnetice.

Intr'un atelier în care vrem să separăm resturile de fier de acelea ale altor metale, rămase dela prelucrarea diferitelor piese la mașini unelte, (strung, raboteză) putem să ne folosim de un electromagnet.

Electromagneții mai sunt folosiți ca *frâne de siguranță.* Mai sunt apoi folosiți pentru a lega cap la cap arborele unui motor cu arborele unei mașini care trebue învârtită de motor.

Pentru acest scop capătul arborelui motorului are un electromagnet, iar la capătul celuilalt arbore o piesă de fier care este atrasă puternic. Cei doi arbori sunt astfel legați. Când este necesar să-i desprindem se întrerupe curentul electromagnetului.

Acesta este un cuplaj *electromagnetic.*

Unele mașini unelte, de exemplu mașini de găurit sau șlefuit,

au un *dispozitiv electromagnetic pentru a fixa piesa* ce trebue prelucrată.

Pentru a îndepărta piesa se întrerupe curentul.

Electromagneții sunt folosiți *în medicină* pentru a extrage din ochi așchiile de fier.

Electromagneții sunt folosiți pentru diferite *dispozitive automate:* cât timp trece un curent, o piesă de fier este atrasă, când curentul încetează piesa se desprinde și produce anumite mișcări.

Astfel se aplică la întrerupătoarele electrice, la macaze automate de cale ferată sau tramvaie, etc.

Dar cele mai importante întrebuințări ale electromagneților sunt la construirea *mașinilor electrice* pe care le vom studia mai târziu.

Acțiunea magneților asupra curenților electrici

59. Curentul electric într'un câmp magnetic este supus unei forțe. Am constatat în experiențele precedente că un ac magnetic aflat în vecinătatea unui curent electric este deviat de acesta.

Să cercetăm ce se întâmplă dacă un conductor electric, care se poate mișca, se găsește în vecinătatea unui magnet, adică în câmpul magnetic.

Să ne folosim de un magnet așa cum se arată în figură.

La partea superioară a magnetului fixăm o bară orizontală de lemn. Atârnăm cu două fire de cupru foarte flexibile un conductor orizontal. Cele două fire flexibile le legăm la o sursă de curent electric.

Conductorul orizontal stă la început în poziția *A*. Inchidem întrerupătorul.

Constatăm că imediat conductorul s'a deplasat în poziția *B*. Deci a fost supus unei forțe, căci un corp care stă în repaus nu-și poate schimba această stare decât dacă este supus unei forțe.

Direcția spre care este împins conductorul se poate afla în toate cazurile cu ajutorul regulei *mâinii stângi,* care spune următoarele:

Dacă se ține mâna stângă în așa fel ca liniile de forță să le primim în palmă (știm că liniile de forță au sensul dela polul Nord spre polul Sud), iar vârful degetelor să fie îndreptat în sensul în care circulă curentul în conductor, degetul mare desfăcut arată direcția în care este împins conductorul, adică direcția în care acționează forța produsă.

O asemenea forță produsă prin acțiunea reciprocă dintre un magnet și un curent electric se numește *forță electromagnetica*.

Fenomenul producerii forțelor electromagnetice ni-l explicăm în felul următor.

Să desenăm liniile de forță între polul Nord și Sud din experiența precedentă. Ele au sensul din fig. 105.

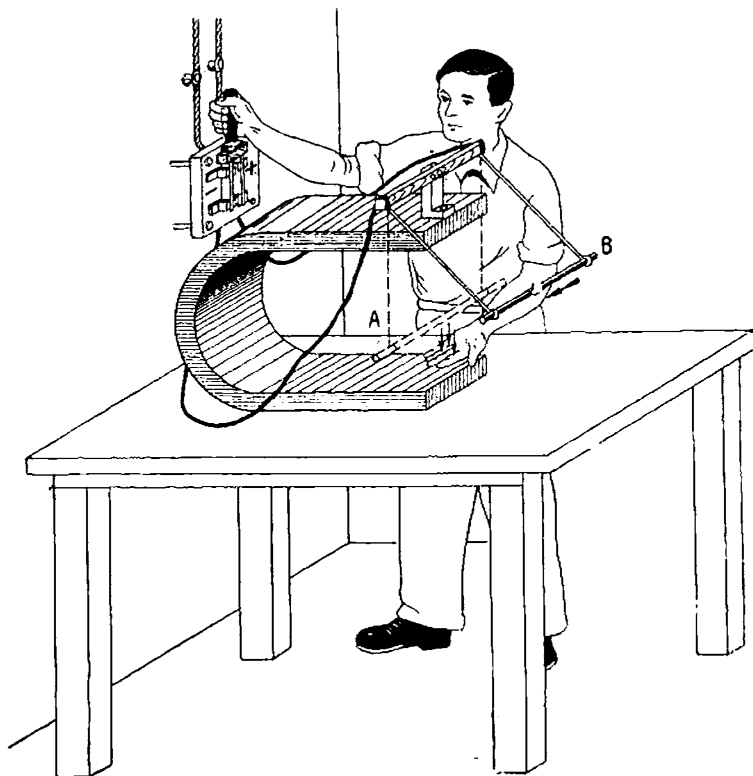


Fig. 104. — Curentul electric deviat de un magnet

Dar prin conductor trecând un curent electric în jurul lui se vor produce linii de forță care după regula burghiului, au sensul din figură.

Observăm că sensul curentului în conductor l-am însemnat

cu un punct: este ca şi cum prin conductor ar trece o săgeată. Deoarece vine spre noi, îi vedem vârful: un punct. Dacă ar pleca dela noi i-am vedea coada: o cruce.

Ce constatăm? La stânga conductorului, liniile de forţă ale

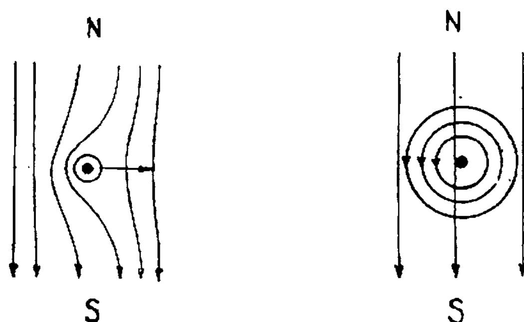


Fig. 105. — Sensul forţelor electromagnetice

magnetului şi ale conductorului au acelaşi sens deci ele se îndesesc, în partea dreaptă ele au sens contrariu, deci se anulează.

Ţesătura deasă de linii de forţă încordate în stânga produce un efect de împingere a curentului spre dreapta unde ele sunt mai rare, adică aşa cum am constatat şi prin experienţa noastră. In felul acesta noi putem în orice caz să determinăm forţa care se exercită prin acţiunile electromagnetice.

Fenomenul acţiunii între magneţi şi curenţi are aplicaţii importante în electrotehnică, la instrumente de măsură, dar mai ales la maşini electrice, aşa după cum vom constata mai departe.

Acţiunile electrodinamice ale curenţilor

60. **Forţele între curenţii electrici.** Să facem montajul arătat în fig. 106, 107, folosind în acest scop sârmă subţire şi flexibilă.

Să închidem întrerupătorul; în cei doi conductori paraleli din fig. 106, trec doi curenţi de acelaşi sens. Observăm că aceştia se apropie.

In cazul din fig. 107, curenţii în cei doi conductori paraleli sunt de semn contrar, observăm că se îndepărtează.

Să privim conductorii de sus și să desenăm liniile de forță. Știm că ele au formele din figuri.

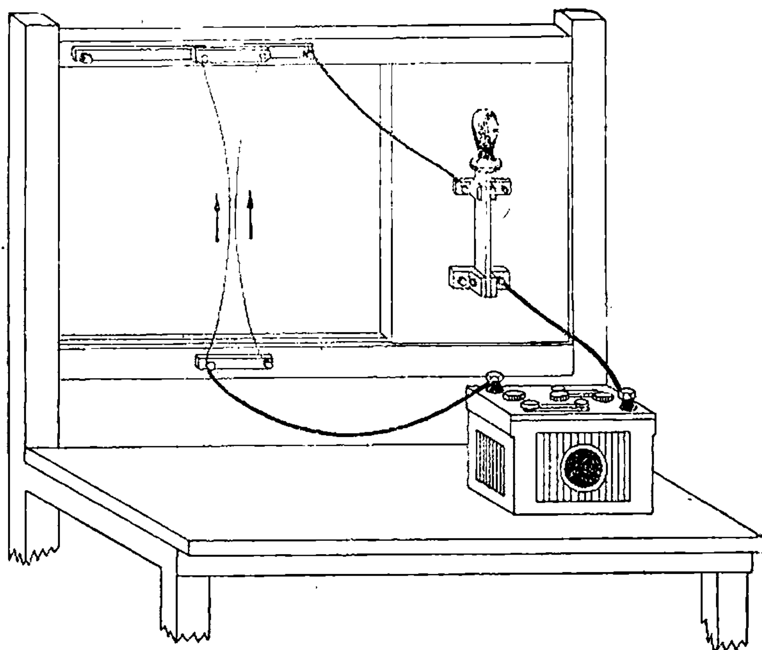


Fig. 106. — Acțiunile reciproce ale curenților de același sens

In cazul 108 liniile de forță au același sens între conductori deci acolo se îndesesc ca și cum ar vrea să îndepărteze conductorii ceea ce se și întâmplă.

In cazul din fig. 109, dimpotrivă liniile de forță răresc între conductori și de aceea conductorii tind să se apropie, ceea ce se și întâmplă.

Dacă punem doi conductori încrucișați vom constata că ei tind să se așeze paralel și în așa fel ca sensul curentului să fie același în amândoi conductorii.

Să mai facem o experiență cu două bobine, dintre care una fixă, iar alta suspendată și deci mobilă.

Să le legăm pe fiecare la câte o sursă de curent. Bobina mobilă o vom lega prin sârme foarte flexibile.

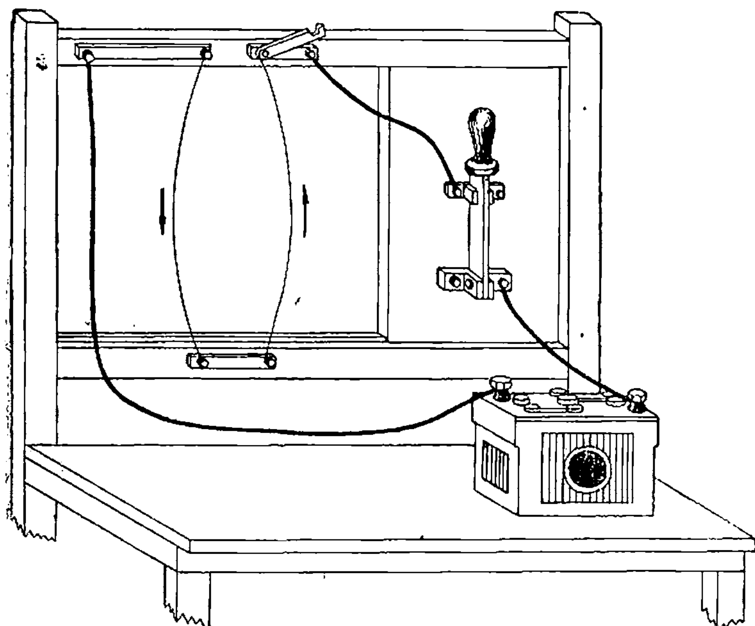


Fig. 107. — Acțiunile reciproce ale curenților de sens contrar

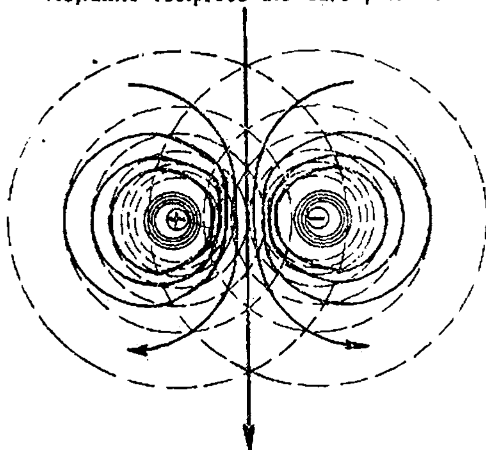


Fig. 108. — Liniile de forță ale curenților paraleli de același sens

Să închidem întrerupătoarele fiecărei bobine. Vom constata că bobina *II* tinde să se rotească așa fel ca să ajungă paralelă cu bobina *I*, și în așa fel ca în cele două circuite curenții să fie de același sens, deci *C* se va apropia de *A* și *D* de *B*.

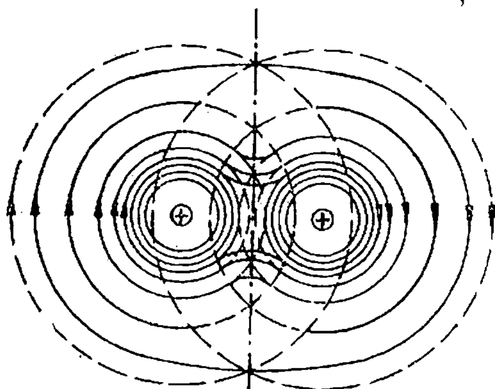


Fig. 109. — Liniile de forță ale curenților paraleli de sens contrar

Din experiențele de mai sus tragem concluziunile următoare:

Curenții electrici paraleli și de același sens se atrag. Curenții paraleli și de sens contrar se resping.

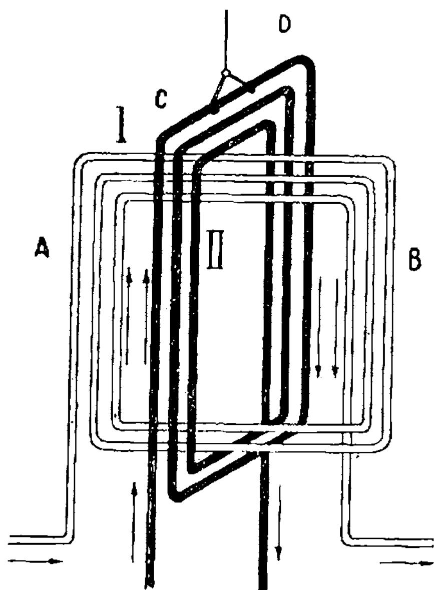


Fig. 110. — Acțiunea a două bobine electrice

Aparate pentru măsurători electrice

61. Aparate cu magnet permanent. In experiențele pe care le-am făcut, deseori am avut nevoie să cunoaștem intensitatea și tensiunea curentului.

Și în folosirea practică a electricității este foarte important să cunoaștem aceste elemente.

Măsurătorile se fac cu diferite aparate. Cele mai obișnuite se bazează pe acțiunile dintre magneți și cu-

renți, sau între curenți, pe care le-am examinat mai sus.

Galvanometrul este cel mai simplu aparat care indică „existența" unui curent electric.

El se compune dintr'un magnet între ai cărui poli se găsește o bobină constituită din mai multe spire și care este suspendată printr'un fir vertical foarte fin.

Extremitățile bobinei sunt bornele galvanometrului. Ele se leagă în circuitul prin care trece curentul.

Intre magnet și curentul care străbate bobina se produce o

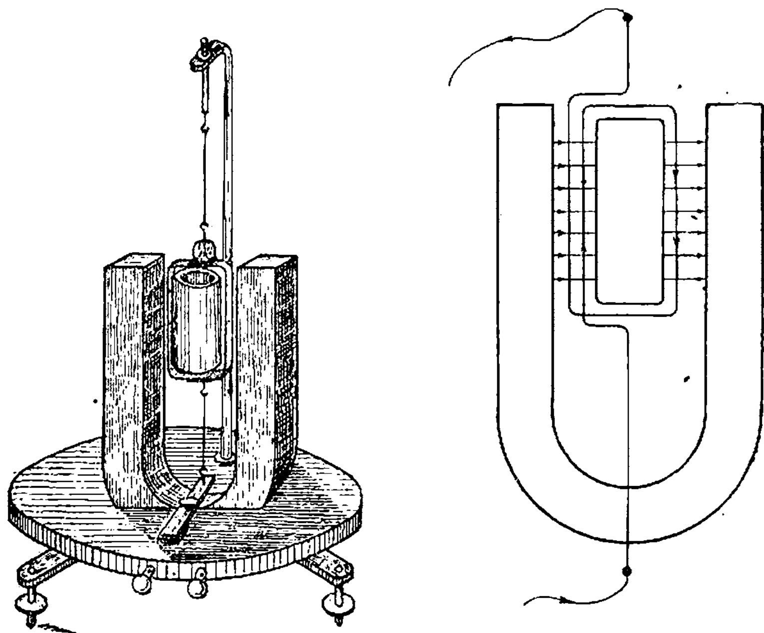


Fig. 111. — Galvanometru

forță care răsucește bobina cu un anumit unghiu, care este proporțional cu intensitatea curentului.

Unghiul măsoară deci mărimea curentului.

Firul de suspensie este de obiceiu de argint și are diametrul între 0,15 și 0,8 mm. Firul bobinei este de cupru cu diame-

trul de 0,07 — 0,50 mm, iar numărul spirelor poate varia dela 40 la 1200.

Galvanometrele sunt aparate foarte sensibile adică ele arată existența chiar a curenților de foarte mică intensitate.

Ampermetrele sunt aparate care măsoară intensitatea curenților. Un ampermetru bazat pe acțiunea unui magnet asupra unui curent se compune dintr'un magnet fix, în formă de potcoavă, terminat cu două piese polare scobite cilindric N și S. Intre piesele polare se găsește un cilindru de fier fix *A* în jurul căruia este o bobină care se poate învârti pe axul cilindrului.

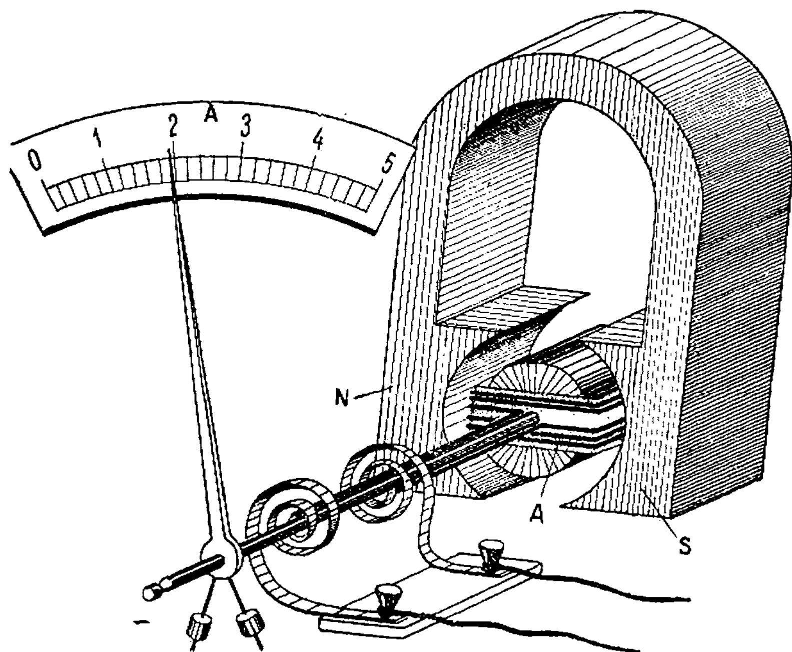


Fig. 112. Ampermetru cu bobină mobilă

Bobina primește curentul prin două mici arcuri speciale care au și scopul să o țină în poziția zero, când nu trece niciun curent electric.

Când trece un curent prin bobină, ea se rotește datorită acțiunii magnetului.

Arătătorul indică pe o scară gradată intensitatea curentului în amperi.

Un asemenea aparat servește numai pentru curentul care are întotdeauna același sens, adică curentul continuu.

62. **Aparate electromagnetice.** Un ampermetru poate să aibă însă bobina fixă și magnetul mobil.

Un asemenea aparat se compune dintr'o bară de fier A. susținută de un braț mobil în jurul axului B, și echilibrat de contragreutățile G.

Bara este introdusă într'o bobină C. Când trece un curent prin firul bobinei, fierul este atras și prin mișcarea lui rotește arătătorul D în fața unei scări gradate.

Acest aparat poate servi atât pentru curent continuu cât și pentru un curent care-și schimbă sensul căci forța de atracție a magnetului nu depinde de sensul curentului.

63. **Aparate electrodinamice.** Un ampermetru bazat pe acțiunea reciprocă a doi curenți

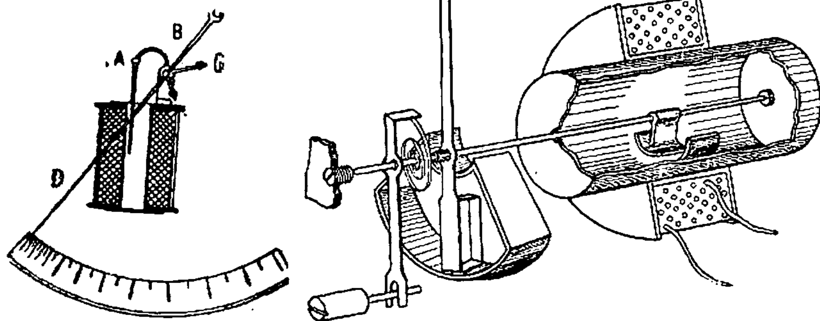


Fig. 113 a, b. — Ampermetru cu bobină fixă

se numește *electrodinamometru* și este construit dintr'o bobină fixă *A* și dintr'o bobină mobilă *B*.

Ele sunt străbătute de același curent care ajunge la bobina mobilă prin resoartele *C* și *D*.

La trecerea unui curent prin aceste bobine, cea mobilă se rotește pentru a se așeza paralel cu cea fixă. Dar resoartele opun o împotrivire.

După mărimea unghiului, indicată de arătător știm ce intensitate de curent trece prin bobină.

Pe principiile de mai sus se construesc aparate pentru nevoile laboratoarelor: aparate de mare precizie și altele mai puțin precise, bune pentru întrebuințările industriale.

Forma acestor aparate este variată.

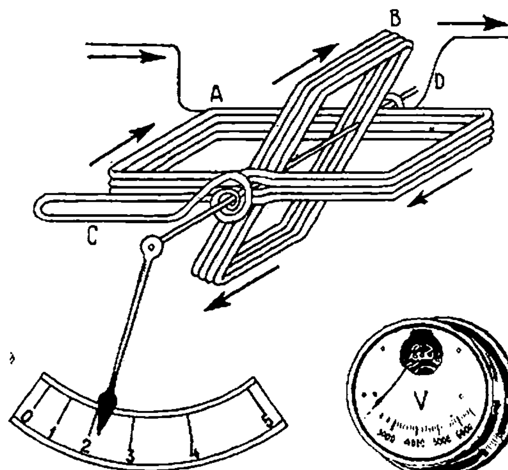


Fig. 114. — Electrodinamometru.

Fig. 115. — Aparat de măsură industrial

Intrebări recapitulative

1. Ce este un magnet natural?
2. Dar un magnet artificial?
3. Care sunt acțiunile între polii magnetici?
4. Ce exprimă legea lui Coulomb?
5. Ce este spectrul magnetic?
6. Ce sunt liniile de forță? Care este sensul lor?
7. Ce numim câmp magnetic?
8. Dar intensitatea câmpului magnetic?
9. Cum se explică magnetismul?
10. Ce este magnetismul terestru? Ce se numește unghiu de declinație magnetică și unghiu de inclinație magnetică?
11. Ce constatăm în jurul curenților electrici?
12. Ce formă au liniile de forță ale unui curent liniar? Dar ale unui solenoid?
13. Cum se determină sensul liniilor de forță?
14. Ce este un electromagnet?
15. Ce este un circuit magnetic?
16. Ce este fluxul magnetic? Dar inducția magnetică?

17. In ce unități se măsoară fluxul? Dar inducția?
18. Ce este reluctanța?
19. Care este formula fluxului magnetic într'un circuit magnetic?
20. Ce legătură este între inducția și intensitatea câmpului magnetic?
21. Ce este permeabilitatea?
22. Cum se construesc magneții artificiali? Dar electromagneții?
23. Explicația funcționării soneriei electrice.
24. Explicația funcționării telegrafului.
25. Ce alte aplicații ale electromagneților mai cunoașteți?
26. Ce acțiune are un magnet asupra unui curent electric?
27. Cum se explică această acțiune cu ajutorul liniilor de forță?
28. Care sunt acțiunile între doi curenți?
29. Explicațiile prin producerea liniilor de forță.
30. Pe ce bază sunt construite diferitele sisteme de ampermetre?

VI. INDUCȚIA ELECTROMAGNETICA

Inducția prin mișcare

64. **Inducția în spire și bobine.** Inducția este un fenomen de cea mai mare importanță în electricitate. Toate mașinile electrice sunt aplicații ale acestui fenomen.

Am văzut în experiențele trecute că un curent electric produce un câmp magnetic. Se poate pune întrebarea: dar invers nu este posibil? Adică, cu ajutorul unui câmp magnetic, nu se poate produce un curent electric?

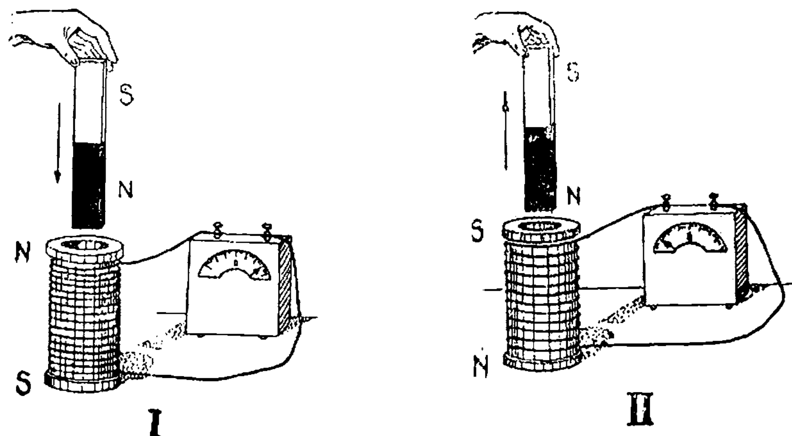


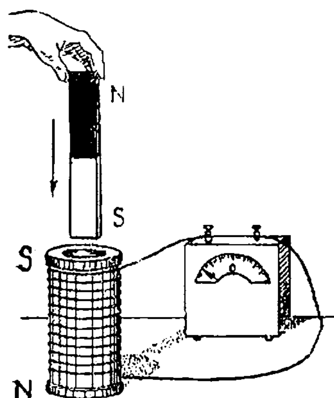
Fig. 116. I. II — Curenți de inducție prin mișcarea magnetului

Să căutăm răspunsul, făcând câteva experiențe foarte ușoare.

a) Luăm o bobină, adică o sârmă izolată înfășurată pe un mosor și îi legăm capetele la un aparat, care ne arată existența

curentului electric și sensul lui. Acesta este un galvanometru. Acul galvanometrului rămâne nemișcat.

Luăm un magnet și îl introducem brusc în mosor, cu polul



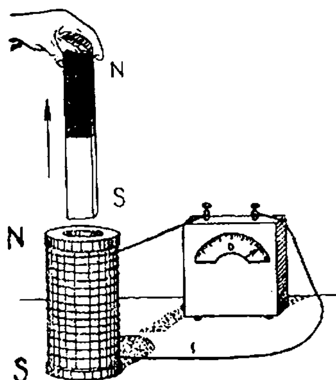


Fig. 116 b. III, IV. — Curenți de inducție prin mișcarea magnetului

Nord. Acul galvanometrului deviază la dreapta, cât timp durează introducerea magnetului și revine apoi la 0 (zero) când magnetul a ajuns la capăt și s'a oprit. Scoatem magnetul iarăși

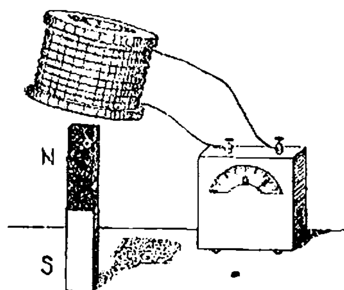


Fig. 117. — Curenți de inducție prin mișcarea bobinei

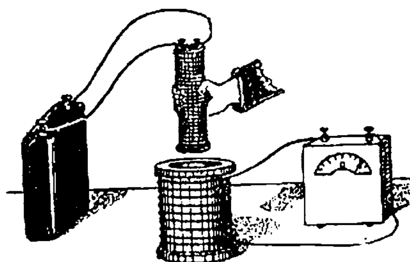


Fig. 118. — Curenți de inducție prin mișcarea unui electromagnet

brusc, acul deviază la stânga, atâta timp cât durează scoaterea magnetului, apoi revine la 0 (zero) când magnetul s'a îndepărtat de bobină. Să întoarcem magnetul, adică să-l introducem cu

polul Sud. Acul deviază ca în cazul *II* (fig. 116). Să scoatem magnetul şi vom constata o deviere ca în cazul *I*.

Aceste experienţe simple dovedesc că în timpul cât durează introducerea şi scoaterea magnetului din bobină se produce un curent electric.

Un asemenea curent se numeşte *curent de inducţie.*

b) Să modificăm acum puţin experienţa. Să ţinem pe loc magnetul, să introducem bobina şi apoi să o scoatem. In timpul acestor mişcări, vom constata la galvanometru că s'a produs un curent electric.

c) In loc de un magnet să lucrăm cu un electromagnet; vom observa acelaşi fenomen al producerii curentului când introducem sau scoatem electromagnetul din bobină .

Dar care este cauza producerii acestor curenţi? Am văzut în capitolul precedent că în jurul unui magnet sau a unui electromagnet există un câmp magnetic, adică linii de forţă.

Cât timp magnetul sau electromagnetul stă în bobină, spirele bobinei sunt străbătute de liniile de forţă. Totuşi nu se întâmplă nimic. Dacă mişcăm magnetul sau bobina, spirele vor fi străbătute în fiecare clipă de alt număr de linii de forţă sau putem să spunem că spirele sunt străbătute de un flux magnetic variabil.

Numai această variaţie de flux poate fi cauza curentului, căci altă schimbare nu observăm.

Bine înţeles variaţia de flux trebue să producă o forţă electromotoare, deoarece am văzut că un curent este generat totdeauna de o forţă electromotoare. In concluzie, putem afirma următoarele:

Ori de câte ori într'un circuit electric se produce o variaţie a fluxului magnetic, în acel circuit ia naştere o forţă electromotoare.

Dacă circuitul este închis, forţa electromotoare dă naştere unui curent electric.

Să fim însă atenţi că *această forţă electromotoare, durează numai atâta timp cât durează variaţia fluxului* .

Odată oprită mişcarea magnetului, încetează şi forţa electromotoare.

Să studiem mai amănunţit de cine depinde mărimea forţei electromotoare.

65. **Inducția intr'un conductor.** Pentru aceasta să cercetăm ce se petrece într'o porțiune d'ntr'un circuit, adică într'un conductor de o anumită lungime. Să facem în acest scop experiența în modul arătat în fig. 119.

Intre polii unui magnet așezăm un conductor de metal. mai gros, ale cărui capete le legăm cu sârme flexibile la un galvanometru. Conductorul gros se sprijină pe muchiile a două scândurele și el poate fi mișcat de o greutate.

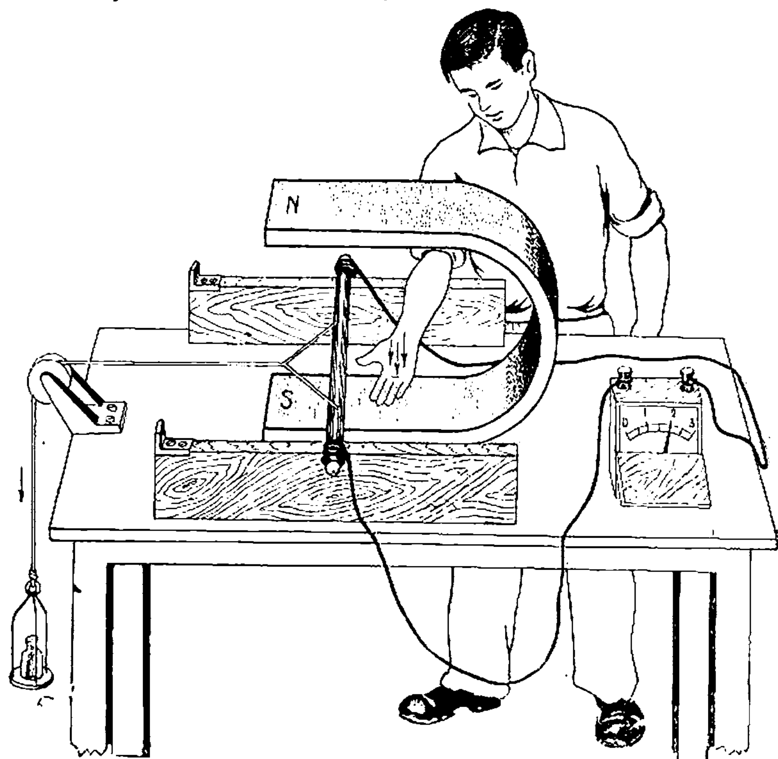


Fig. 119. — Curent indus intr'un conductor

Ținem pe loc greutatea. Acul galvanometrului stă la 0, deci nu trece prin el nici un curent.

Liberăm greutatea, ea începe să cadă iar, conductorul este tras spre stânga, galvanometrul arată o deviere de scurtă durată,

cât a ţinut mişcarea; deci s'a produs un curent electric. Sensul curentului în conductor, arătat de galvanometru, este însemnat cu o săgeată.

Să inversăm magnetul, adică cu polul Sud în sus şi cu polul Nord în jos. Să producem din nou mişcarea conductorului. Constatăm un curent de sens contrar.

Din experienţele făcute şi altele asemănătoare, s'a stabilit următoarea metodă simplă pentru determinarea sensului curentului indus în conductor, anume *regula mânii drepte:*

Dacă se ţine mâna dreaptă astfel ca fluxul magnetic (liniile de forţă), al cărui sens ştim că este dela Nord la Sud, să treacă prin palmă, iar degetul cel mare desfăcut, să fie îndreptat în sensul mişcării conductorului, vârful celorlalte degete arată sensul în care curge curentul electric indus.

Să studiem însă cum variază forţa electromotoare indusă.

Dacă mărim viteza de deplasare a conductorului, prin adăugirea unei greutăţi mai mari, constatăm un curent mai mare; să înlocuim şi magnetul cu altul mai puternic, curentul indus va fi mai mare; să luăm un conductor mai lung, curentul va fi şi mai mare.

Ştim că între polii magnetului avem un câmp magnetic şi deci linii de forţă care ies din polul Nord şi intră în polul Sud.

Conductorul, în deplasarea lui, a întâlnit aceste linii de forţă. Deci deducem:

Ori de câte ori un conductor, taie liniile de forţă ale unui câmp magnetic, în el se produce o forţă electromotoare de inducţie.

Mai deducem încă:

Forţa electromotoare de inducţie, produsă într'un conductor prin mişcarea lui într'un câmp magnetic, care face parte dintr'un circuit electric este proporţională cu intensitatea câmpului magnetic, cu iuţeala de deplasare a conductorului şi cu lungimea lui.

Dar toate condiţiunile de mai sus se pot rezuma în următoarele:

Forţa electromotoare de inducţie produsă într'un conductor prin mişcarea lui într'un câmp magnetic, este proporţională cu numărul liniilor de forţă, tăiate de conductor, într'o secundă.

Intr'adevăr dacă iuţeala este mai mare, dacă lungimea conductorului este mai mare şi dacă intensitatea câmpului este mai mare (adică densitatea de linii de forţă pe cm^2) înseamnă că sunt tăiate mai multe linii de forţă pe secundă.

Ne dăm seama acum de ce ne-am ocupat de câmp magnetic şi de flux magnetic în capitolul precedent, precum şi de modul lor de calcul.

Posedând aceste cunoştinţe vom putea calcula mărimea forţelor electromotoare produse prin inducţie.

Până acum am cunoscut ca surse de curent numai elementele galvanice şi acumulatoarele, bazate pe fenomene chimice.

Experienţele de mai sus, ne-au arătat o posibilitate nouă de a produce curent electric, şi anume prin inducţie.

Fenomenul inducţiei a fost descoperit de Faraday, la 1831.

66. **Legea lui Lenz.** Curentul indus în experienţele mai sus arătate produce ca orice curent un câmp magnetic.

Să privim fig. 116 I, II, III şi IV. Bobinele devin magneţi, prin ivirea curentului de inducţie, având polul Nord şi polul Sud, aşa cum sunt notaţi.

Observăm că la apropierea magnetului, se formează la capătul bobinei, învecinat de magnet, un pol de acelaşi sens cu cel apropiat. Dar polii de acelaşi sens se resping; prin urmare, când apropiem magnetul, există o tendinţă de opunere acestei mişcări.

La îndepărtarea magnetului, se formează la capătul învecinat al bobinei un pol de sens contrar. Polii de sens contrar însă se atrag; prin urmare, când îndepărtăm magnetul, există o tendinţă de opunere acestei mişcări.

In ambele cazuri se exercită deci o frânare a mişcării care produce forţa electromotoare de inducţie.

Pentru a produce forţa electromotoare de inducţie, trebue însă să menţinem mişcarea; ca aceasta să fie posibil, trebue să putem învinge acţiunea care frânează mişcarea.

Aceasta însemnează deci, că trebue să cheltuim un lucru mecanic.

In mecanică s'a învăţat că o energie, (aşa cum este şi curentul electric) nu se poate obţine decât prin transformarea unei alte energii. Acesta este principiul transformării şi conservării energiei.

Acest principiu, aplicat inducţiei, a fost stabilit de fizicianul rus, academicianul Lenz, la 1834 şi exprimat astfel:

Sensul curentului indus este astfel, că prin acţiunea lui magnetică, se opune mişcării prin care s'a produs.

Am fi putut crede că, pe calea inducţiei,se produce curent electric din nimic. Am constatat însă că nu se produce curent de-

cât atâta timp cât este mişcare şi că mişcării i se opun forţe de-frânare. Trebue deci să avem un mijloc de a produce mişcare şi de a învinge forţele care o frânează; *trebue să se cheltuiască un lucru mecanic, spre a obţine curentul electric.*

Inducţia prin curenţi variabili

67. Inducţie mutuală. Să luăm o ramă de fier moale şi să facem două înfăşurări cu sârmă izolată: una o legăm la un galvanometru, iar cealaltă la o sursă de curent.

Acul galvanometrului arată zero. Să închidem întrerupătorul. Acul deviază scurt timp la dreapta apoi revine la zero.

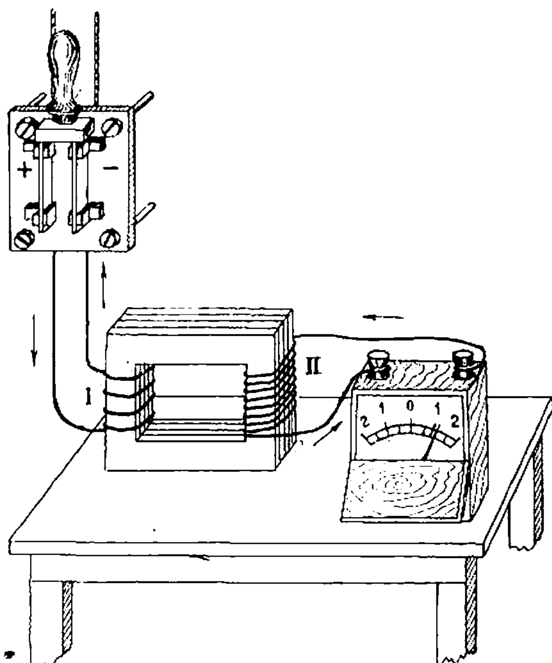


Fig. 120 a. — Inducţia prin curenţi variabili

Deci, cât timp a durat închiderea circuitului s'a produs în înfăşurarea a doua un curent.

Să deschidem întrerupătorul şi vom constata un scurt curent de sens contrar.

Care este explicaţia acestui fenomen?

Când în înfăşurarea *I* se produce o variaţie a curentului (dela zero la curentul stabilit prin închidere sau invers) în-

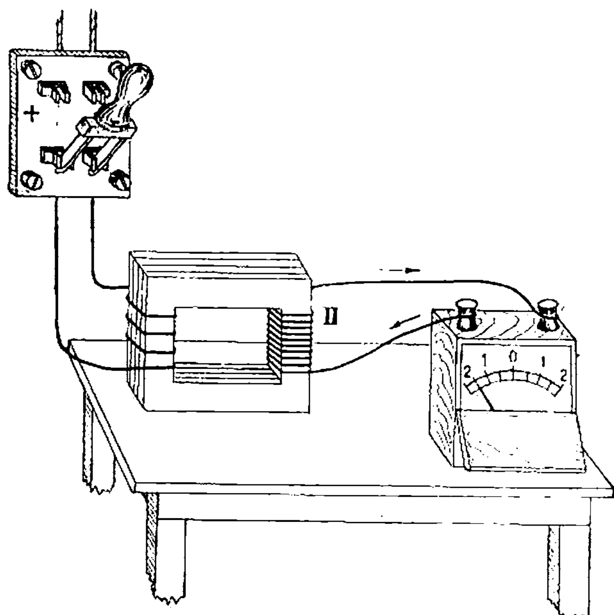


Fig. 120 b. — Inducţia prin curenţi variabili

semnează că se produce şi o variaţie a câmpului magnetic, deci şi a fluxului pe care-l produce înfăşurarea.

Prin urmare, bobina *II* este străbătută de un *flux variabil*, adică de un număr variabil de linii de forţă.

Ne găsim deci în cazul experienţelor precedente.

Efectul este un curent indus în înfăşurarea *II*.

Iată deci că avem un curent indus fără mişcare, numai prin variaţia fluxului, adică a numărului liniilor de forţă, care străbat înfăşurarea *II*.

Urmărind sensul curenţilor în înfăşurările *I* şi *II* constatăm următoarele:

In cazul din fig. 120 a, la închiderea întrerupătorului, curentul în înfăşurarea *I* creşte continuu deci şi fluxul se măreşte.

Sensul curentului în înfăşurarea *II* este astfel că fluxul produs se opune fluxului din înfăşurarea *I*, deci se opune creşterii lui.

In cazul din fig. 120 b, la deschiderea întrerupătorului, curentul în înfăşurarea *I* scade, deci se micşorează şi fluxul. Sensul curentului în înfăşurarea *II* este astfel, că fluxul pe care-l produce se adaugă fluxului din *I*, deci se opune scăderii lui.

Prin urmare, totdeauna, sensul curentului indus în înfăşurarea secundară (II) este astfel că, prin fluxul produs, se opune variaţiunii fluxului înfăşurării prime (I) produsă prin variaţia curentului primar.

Inducţia produsă cu ajutorul a două înfăşurări se numeşte *inducţie mutuală.*

Prima înfăşurare care produce fluxul variabil se numeşte *inductor;* a doua înfăşurare în care ia naştere curentul indus se numeşte *indus.*

Efectele de mai sus le putem constata şi în cazul când bobinele nu ar fi fost înfăşurate pe rama de fier, dar ele ar fi fost mai slabe.

Din cele învăţate, rezultă că sunt următoarele mijloace de a produce variaţia fluxului inductor:

— prin mişcarea inductorului faţă de indus, sau invers prin mişcarea indusului faţă de inductor;

— prin variaţia curentului inductor.

Maşinile electrice se folosesc de toate aceste moduri de producere a curenţilor induşi.

68. **Curenţi de inducţie ir. conductori masivi.** Să luăm o bobină, ale cărei capete le legăm la o sursă de curent electric variabil, iar în interiorul ei să introducem un miez de fier. Vom constata după câtva timp că inima se încălzeşte. Care este cauza?

Curentul variabil din bobină a produs, prin inducţie, un curent în inima de fier.

Prin efectul caloric curentul provoacă încălzirea miezului. Deci, curenţii de inducţie se pot produce şi în corpurile metalice masive. Deseori ei sunt dăunători, căci produc o încălzire pe care nu o dorim. In special, aceşti curenţi sunt supărători în maşinile electrice.

De aceea se iau măsuri speciale pentru a reduce producerea lor. In loc de a se face diferitele părţi ale maşinilor electrice din fier masiv, se fac din table subţiri, suprapuse una peste

alta, izolate între ele cu lac sau hârtie. Înafară de aceasta, tablele se fac cu adaus de siliciu. Prin mijloacele arătate curenții se reduc, de asemenea și pierderile. O condiție de calitate a tablei pentru mașinile electrice este de a avea pierderi reduse prin încălzire.

69. **Auto-inducție.** Am constatat că, ori de câte ori, se produce o variație a fluxului magnetic într'un circuit, în acel circuit se induce un curent electric.

Să luăm un circuit legat la bornele unei surse și să închidem și să deschidem întrerupătorul. Se va produce un flux variabil, de către însuși curentul circuitului. Acest flux variabil va induce în același circuit o forță electromotoare.

Acest fenomen de inducție în propriul său circuit, datorit variațiunii acelui curent, se numește *auto-inducție* sau *selfinducție*.

Să examinăm sensul curentului de auto-inducție, folosindu-ne de principiul lui Lenz.

La închiderea circuitului, deci la stabilirea curentului, se va produce un curent de inducție, care se opune cauzei care l-a produs, deci va fi de sens contrariu curentului aplicat.

La deschiderea circuitului, deci la întreruperea curentului, se va produce un curent de inducție, care se opune cauzei care l-a produs, deci va fi un curent în același sens, ca și curentul care se întrerupe. Deci, forța electromotoare de autoinducție are întotdeauna un astfel de sens că se opune variației curentului.

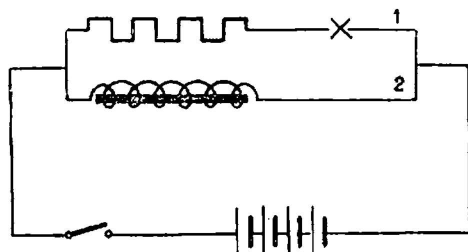


Fig. 121. — Efectul autoinducției

Consecințele acestui fenomen sunt următoarele:

Dacă închidem întrerupătorul unui circuit apare o forță

electromotoare de inducție, opusă tensiunii aplicate circuitului și din această cauză, curentul nu atinge în circuit imediat valoarea lui normală, ci cu o întârziere, după ce f. e. m. de inducție a dispărut.

Dacă deschidem întrerupătorul unui circuit, apare o forță electromotoare de inducție de același sens cu tensiunea aplicată circuitului și din această cauză curentul mai durează, chiar după întrerupere, adică nu ajunge imediat la zero.

Din cauza aceasta, curentul continuând să treacă încă puțin timp, se produce o scânteie de întrerupere.

Fenomenele de mai sus ni le dovedesc și mai bine următoarele experiențe:

Facem montajul din fig. 121 adică două ramuri în derivație sunt legate la o sursă de curent.

Intr'o ramură punem un electromagnet și un bec; în cealaltă ramură, o rezistență egală cu a bobinei electromagnetului și un bec de aceeași mărime cu celălalt.

Inchidem întrerupătorul. Becul *2* ajunge la incandescență mai târziu decât becul *1*, deci intensitatea curentului ajunge la valoarea normală în ramura *2* mai târziu. Intârzierea nu poate fi datorită decât bobinei cu miez de fier, singurul element diferit al ramurei *2* față de ramura *1*.

Tragem concluzia că forța electromotoare de autoinducție este mai mare în ramura *2*. Să facem și montajul din fig. 122.

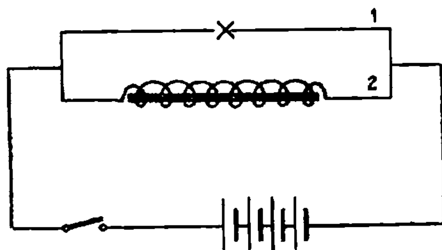


Fig. 122. — Efectul autoinducției

Un circuit electric alimentat de o sursă de curent este constituit din două ramuri; în una din ele este un bec, iar în cealaltă un electromagnet foarte mare.

Prin ramura *1* trece un curent, dar deoarece forța electromo-

toare a sursei nu este destul de mare becul nu se aprinde. Deschidem întrerupătorul. O clipă becul se aprinde. Deci în circuitul *1—2* s'a produs o forță electromotoare de autoinducție destul de mare ca să aprindă becul.

Experiențele acestea nu ne-au arătat numai modul de producere al forței electromotoare de autoinducție într'un circuit ci și faptul că această forță este mai mare dacă circuitul este constituit dintr'o bobină și încă mai mare dacă bobina este înfășurată pe un miez de fier (adică dacă avem un electromagnet).

Dar noi am învățat că un curent trecând printr'o bobină produce un flux magnetic, iar dacă trece printr'o bobină cu inimă de fier fluxul este mai mare.

Fluxul depinzând de curent, vom scrie:

$$\Phi = L\, I;$$

în care:

Φ este fluxul măsurat în maxwelli,

I este intensitatea curentului măsurată în amperi,

L este un coeficient care, după cum am văzut din experiențe depinde de felul circuitului (bobină simplă, bobină cu miez de fier).

Acest coeficient se numește *coeficient de autoinducție;* el se măsoară în henry (citește anri).

Dacă $I = 1$A, iar $\Phi = 1$ maxwell, $L = 1$ henry.

Denumirea de Henry s'a dat după numele unui fizician.

Dacă I variază, Φ va varia și el; dar variațiile lui Φ sunt cu atât mai mari cu cât L este mai mare.

De exemplu:

1. $L = 10$ henry, iar I variază într'o secundă dela 0 la 1 A; Φ variază dela o 10 maxwelli.

2. $L = 100$ henry, iar I variază într'o secundă dela 0 la 1 A; Φ variază dela 0 la 100 maxwelli.

Tragem concluzia că mărimea efectului de autoinducție depinde de *coeficientul de autoinducție.*

Deci, forța electromotoare de autoinducție care se produce într'un circuit și *întârzierea intensității curentului* va fi cu atât mai mare, cu cât L este mai mare.

Orice circuit are un coeficient de inducție, după cum are o rezistență.

Circuitele formate din conductori drepți au coeficienți de inducție neînsemnați.

Coeficientul de autoinducție este mare pentru bobine și mai ales pentru bobinele cu miez de fier.

Noi am constatat însă în fenomenul de inducție că forța

electromotoare de inducție este cu atât mai mare cu cât variația fluxului într'o secundă este mai mare.

Atât timp cât nu avem o variație a curentului, nu se produce o variație de flux și deci nu ia naștere forța electromotoare de autoinducție.

Prin urmare, la curenții continui, cu care am lucrat până acum, nu se produc în mod obișnuit forțe electromotoare de autoinducție, ci numai la sporirea sau micșorarea curentului (cum este la închiderea întrerupătorului sau la deschiderea lui).

Forța electromotoare de autoinducție depinde de coeficientul de autoinducție, dar mai depinde și de iuțeala de variație a fluxului magnetic, deci de iuțeala de variație a curentului.

Din toate cele de mai sus tragem următoarele concluzii:

Variația intensității curentului într'un circuit, într'un anumit timp, produce o variație a fluxului magnetic.

Variația fluxului magnetic dă naștere la o forță electromotoare de autoinducție.

Aceasta este cu atât mai mare cu cât coeficientul de autoinducție este mai mare și cu cât variația curentului se produce în timp mai scurt.

Efectul important al forței electromotoare de autoinducție este o *întârziere a stabilirii curentului*.

Analogie mecanică. Știm că pe arborele motoarelor se fixează o roată grea, numită volant. Când pornim motorul, volantul se opune, astfel că motorul ajunge la viteza lui normală cu întârziere; invers, când motorul se oprește, volantul continuă să învârtească arborele câtva timp.

Efect asemănător are și autoinducția.

70. **Bobina de inducție** este un aparat cu care putem obține curenți induși la o tensiune foarte mare.

Ea se compune dintr'o inimă de fier pe care sunt făcute două înfășurări.

Cea primară are puține spire din sârmă groasă, izolată. A doua înfășurare este bobinată peste prima și este formată din multe spire din sârmă subțire, foarte bine izolate.

Un capăt al bobinei primare este legat la o baterie de elemente galvanice, iar celălalt capăt la o lamă metalică de care este fixată o armatură de fier moale. Aceasta se sprijină pe vârful unui șurub legat cu sârmă la cealaltă bornă a bateriei de pile galvanice.

Inchidem întrerupătorul circuitului primar. Curentul se stabilește. Fierul din interiorul bobinei se magnetizează și atrage armatura; atunci curentul se întrerupe. Când curentul este întrerupt, fierul moale se demagnetizează și armatura revine la locul ei. Dar în felul acesta curentul este din nou restabilit. Cu un asemenea mecanism, curentul din bobina primară este întrerupt de mai multe sute de ori pe secundă.

Prin variația curentului se produce un flux variabil, care are de efect, producerea unei forțe electromotoare de inducție în bobina secundară a cărei tensiune este cu atât mai mare, cu cât numărul spirelor este mai mare.

71. **Cuptoare de inducție.** Fenomenul inducției este folosit pentru încălzit și topit metale, în cuptoare speciale.

Un asemenea cuptor se compune dintr'un vas fabricat din material rezistent la temperaturi mari, care este înfășurat cu o sârmă de cupru izolată. Acesta se leagă la o sursă de curent variabil. In metalul din cuptor se vor produce curenți induși, care-l vor încălzi, datorită efectului Joule-Lenz.

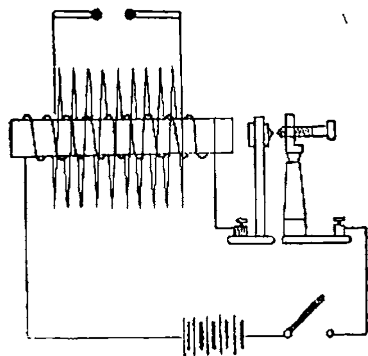


Fig. 123. – Bobină de inducție

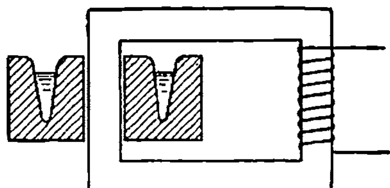


Fig. 124. — Cuptor de inducție

Cuptoarele de inducție se întrebuințează pentru a prepara oțeluri de bună calitate și alte aliaje. Au între altele și avantajul că, în masa topită, se produce o mișcare de amestec care este folosită pentru a face materialul omogen.

Intrebări recapitulative

1. Cum se numeşte starea creată de un magnet în jurul său ?
2. Cum se produce o f. e. m. de inducţie ?
3. Cât durează această f. e. m. de inducţie ?
4. Ce se întâmplă dacă circuitul indus este închis ?
5. Dar dacă nu este închis ?
6. Prin ce regulă determinăm sensul curentului indus ?
7. Prin inducţie se obţine electricitate din nimic ?
8. Ce afirmă legea lui Lenz ?
9. Arătaţi rezistenţele care se opun mişcării pentru a produce un curent indus.
10. Cum se produce o f. e. m. de inducţie prin curent variabil ?
11. Cât durează curentul indus ?
12. Curenţii induşi se produc numai în circuite electrice ?
13. Ce este autoinducţia ?
14. Aţi observat acest fenomen la întreruperea curentului ?
15. Comparaţi inducţia cu alte fenomene ?
16. Descrieţi un aparat pentru produs curenţi induşi.
17. Ce aplicaţii ale inducţiei cunoaşteţi ?

VII. CURENTUL ALTERNATIV

72. **Folosirea curenților alternativi.** Până acum sursele producătoare de curent pe care le-am folosit au fost pilele galvanice și acumulatoarele.

Ori de câte ori am legat între bornele acestora o sârmă, am

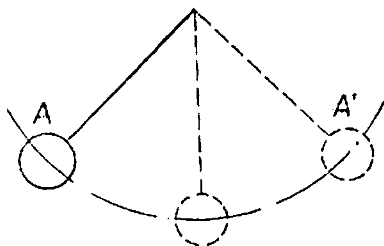


Fig. 125. — Mișcarea unui pendul este alternativă

constatat un curent electric cu sensul dela borna pozitivă la borna negativă.

Am văzut însă, la producerea fenomenului de inducție, că sensul curentului indus se schimbă alternativ.

In adevăr, în experiențele din fig. 116 curentul are un sens când apropiem magnetul și alt sens când îl îndepărtăm; la fel și în celelalte experiențe. Prin urmare avem de a face cu niște *curenți variabili, alternând sensul de circulație.*

Desigur, poate părea curios să folosim asemenea curenți, totuși deseori ne găsim în prezența fenomenelor alternative.

Astfel este mişcarea unui pendul; greutatea pendulului pleacă din poziţia *A*, coboară pe un cerc, ajunge la punctul cel mai de jos *O*, apoi se ridică până în *A'*; îşi schimbă sensul, coboară până în *O*, urcă în *A*; iar schimbă sensul şi aşa mai departe.

Iată deci un fenomen alternativ care ne foloseşte şi anume pentru a asigura mersul unui ceasornic.

Vom afla că şi curenţii alternativi ne aduc mari foloase.

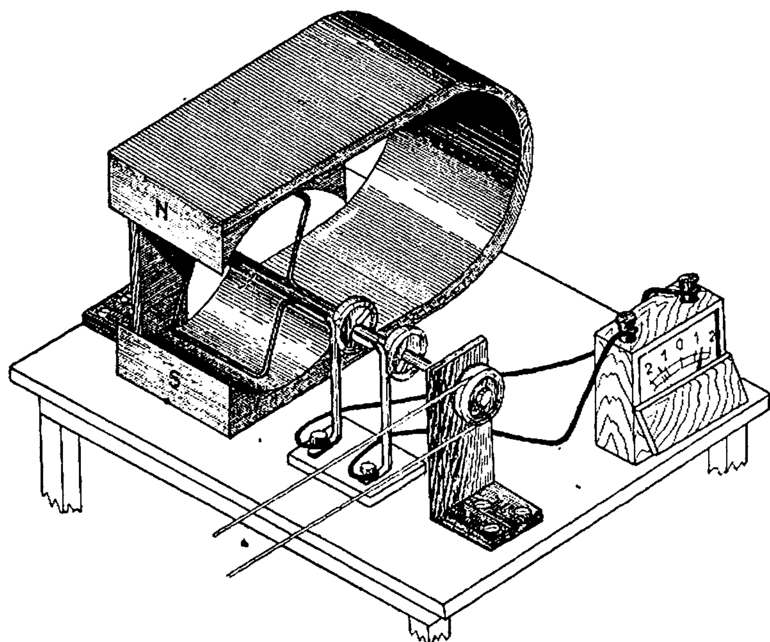


Fig. 126. — Intr'o spiră se produce curent alternativ

Am văzut că prin mişcarea unui conductor sau a unei bobine într'un câmp magnetic iau naştere forţe electromotoare şi curenţi induşi.

Ca să urmărim mai bine un asemenea fenomen, să ne folosim de următoarea instalaţie:

Intre polii unui magnet puternic se găseşte un arc orizontal şi pe el este prinsă o spiră de cupru izolată, ale cărei capete sunt legate la două inele fixate pe ax şi care deci se învârtesc odată cu spira. Pe fiecare inel freacă câte o lamă, fixată cu un şurub pe postament. Legăm cele două şuruburi printr'o sârmă, introducând în acest circuit şi un galvanometru.

Intre polii magnetului se produc linii de forţă care au sensul dela Nord la Sud. Invârtim axul cu spira. In ea se va produce un curent variabil, pe care-l constatăm la galvanometru. Să urmărim laturile spirei: în această învârtire, ele taie liniile de forţă ale magnetului. Deci se vor produce forţe electromotoare în aceşti conductori şi, ca rezultat, va lua naştere un curent electric, circuitul fiind închis.

Să urmărim în fig. 128 a, b, c, d conductorii în mişcarea lor. Plecând din punctul *1* spre *2*, conductorul *A* va tăia la început foarte multe linii de forţă, apoi din ce în ce mai puţine, pentru ca în punctul *2* să nu mai taie deloc linii de forţă, căci conductorul alunecă în această porţiune aproximativ în lungul liniilor de forţă.

Forţa electromotoare indusă va fi la început mare, căci conductorul taie multe linii de forţă, apoi va scădea treptat, pe măsura învârtirii conductorului, ajungând la zero, când acesta se găseşte în poziţia *2*.

Să determinăm sensul curentului în conductor, aplicând regula mâinii drepte.

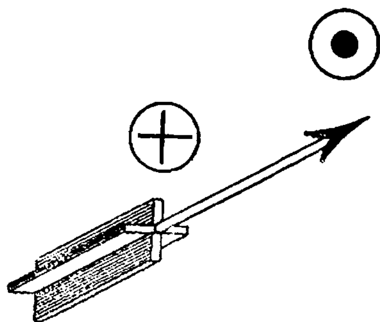


Fig. 127. — Sensul curentului

Vom ţine mâna astfel, ca fluxul să intre prin palmă, iar degetul cel mare întins spre sensul de mişcare al conductorului. Vârful celorlalte degete ne arată că vom avea un curent care vine din faţă şi intră în foaia de hârtie. Il vom nota cu semnul +.

Ce se întâmplă cu conductorul *B*?

El se mişcă din poziţia *3* spre *4*, tăind la început foarte

multe linii de forță, apoi din ce în ce mai puține, pentruca în punctul *4* să nu mai taie deloc linii de forță, căci conductorul alunecă în această porțiune aproximativ în lungul liniilor de forță.

Forța electromotoare indusă va fi la început mare, căci conductorul taie multe linii de forță, apoi va scădea treptat pe măsura învârtirii conductorului, ajungând la zero când acesta se găsește în poziția **4**.

Să determinăm sensul curentului în conductor, aplicând regula mâinii drepte.

Vom ține mâna astfel ca fluxul să intre prin palmă, iar degetul cel mare întins spre sensul de mișcare al conductorului. Vârful celorlalte degete ne arată că vom avea un curent care vine dindărătul foii de hârtie. Il vom nota cu semnul ⊙.

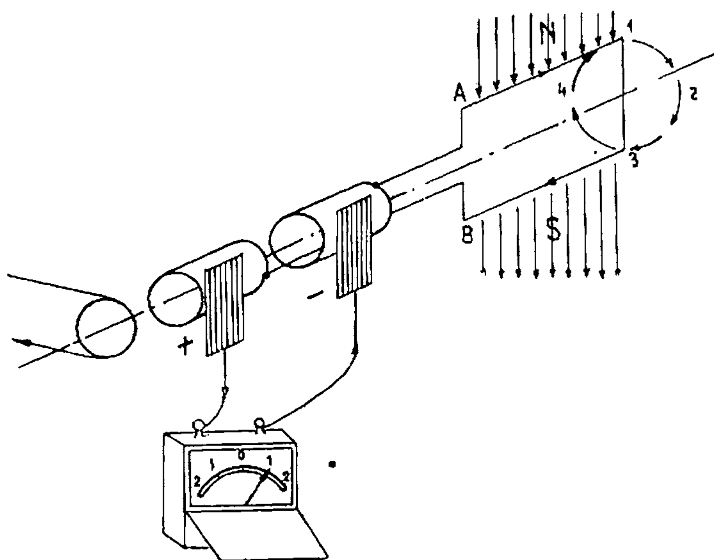
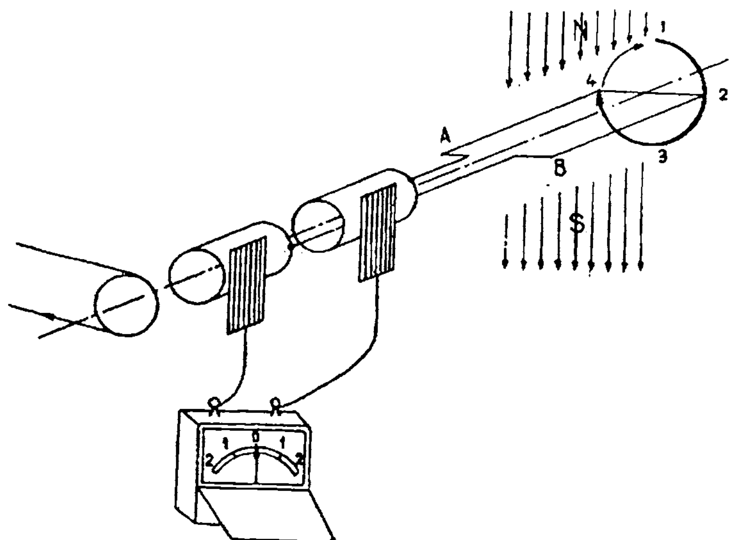


Fig. 128 a. — Sensul curentului în spiră

In spiră, cele două forțe electromotoare se adună, dând un curent unic pe care-l constatăm la galvanometru.

Dar să urmărim mai departe mișcarea conductorului *A* dela *2* la *3*. Vom observa că treptat el taie tot mai multe linii de



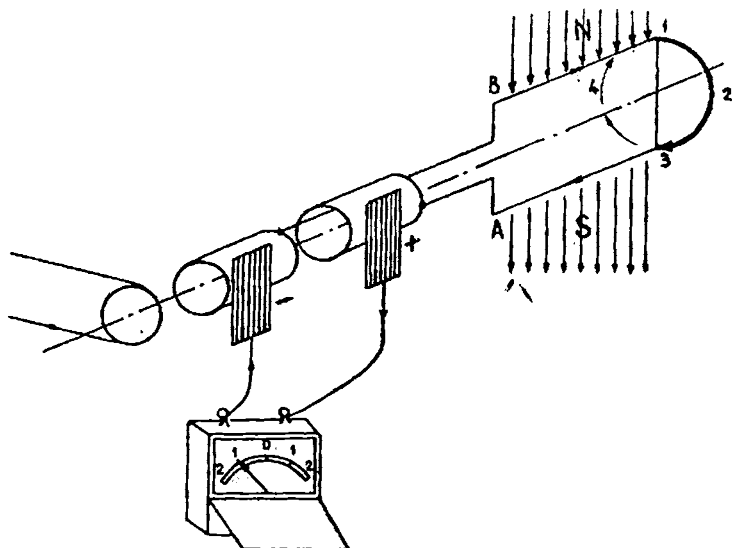


Fig. 128 b, c.

forță. Deci se va produce o forță electromotoare de inducție din ce în ce mai mare.

Să determinăm din nou sensul curentului. Vom constata, tot cu regula mâinii drepte, că pe această porțiune curentul are sens contrar față de sensul de până acum, adică iese din hârtie. Il vom nota cu un punct ⊙.

Prin urmare, pe porțiunea *2—3*, curentul are sens contrar față de sensul de pe porțiunea *1—2*.

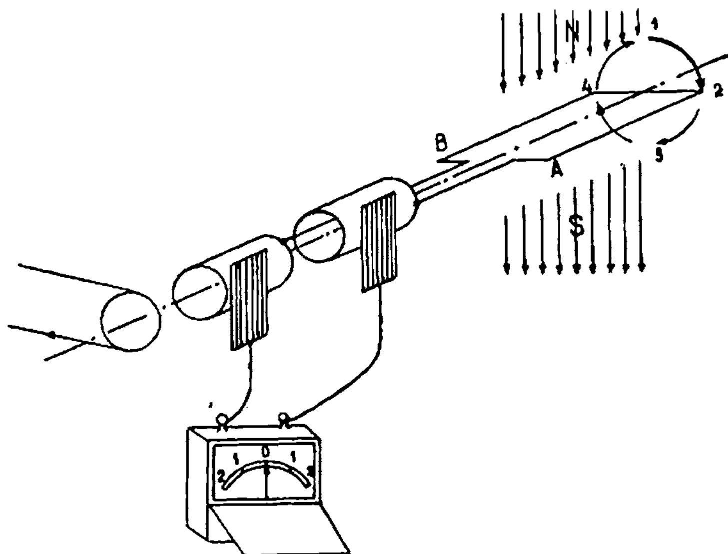


Fig. 128 d.

Conductorul *B* se mișcă în același timp dela *4* la *1*. El taie treptat tot mai multe linii de forță. Deci se va produce o forță electromotoare de inducție din ce în ce mai mare.

Să determinăm sensul curentului. Vom constata, tot cu ajutorul regulei mâinii drepte, că pe această porțiune curentul vine din față și intră în hârtie. Il vom nota cu semnul +.

Și de data aceasta, cele două forțe electromotoare se adună, dând un curent unic pe care-l constatăm la galvanometru.

Să continuăm urmărirea conductorului *A* dela *3* la *4*; conductorul taie din ce în ce mai puține linii de forță, deci, forța

electromotoare scade treptat, ajungând iarăşi la zero în punctul 4, aşa cum a fost şi în punctul 2.

In ce priveşte sensul curentului, se constată uşor că este acelaşi ca şi pe porţiunea *2—3*.

Conductorul *B* se mişcă în acest timp în porţiunea *1—2*, deci forţa electromotoare va avea acelaşi sens ca şi în conductorul *A* când se găsea în această poziţie, adică vine din faţă şi intră în foaia de hârtie. Şi în acest caz, forţele electromotoare se adună.

In sfârşit, când *A* se mişcă pe ultima parte *4—1* forţa electromotoare de inducţie creşte treptat până în punctul *4*, iar sensul este acelaşi ca şi pe porţiunea *1—2*.

Conductorul *B* se mişcă în acest timp pe porţiunea *2—3*; deci forţa electromotoare va avea acelaşi sens ca şi în conductorul *A* când era în această poziţie, adică curentul iese din hârtie către noi. Şi în acest caz forţele electromotoare se adună.

Iată deci că la o rotaţie de 360⁰, în conductorii *A* şi *B*, forţa electromotoare a plecat dela un maxim, a scăzut la zero, şi-a schimbat sensul, a crescut din nou la maxim, a scăzut la zero, şi-a schimbat sensul şi a crescut treptat la maxim.

Acest ciclu se repetă la fiecare rotaţie. Am produs în felul acesta un *curent alternativ*.

Tabela 7

Variaţiile forţei electromotoare şi a curentului indus în conductorul *A*

Porţiunea din circumferenţă	Sensul curentului	Variaţia f. e. m. şi a curentului
0⁰ — 90⁰	pozitiv	scade dela maxim la zero
90⁰ — 180⁰	negativ	creşte dela zero la maxim
180⁰ — 270⁰	negativ	scade dela maxim la zero
270⁰ — 360⁰	pozitiv	creşte dela zero la maxim

O variaţie asemănătoare avem şi în conductorul *B*.

Variaţia de mai sus o putem reprezenta în modul următor: Desenăm circumferenţa pe care se mişcă *A* şi o întindem pe o linie dreaptă, iar în diferite puncte ale ei ridicăm perpendiculare. Pe fiecare măsurăm o lungime egală cu intensitatea cu-

rentului care străbate conductorul când se află în acel punct al circumferenței. Unim apoi extremitățile acestor verticale și vom obține desenul din fig. 129.

O asemenea linie curbă se numește *sinusoidă*. Deci curentul produs cu mașina noastră este un *curent alternativ sinusoidal*. Atât forța electromotoare cât și curentul au aceeași formă.

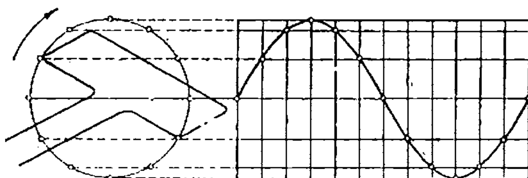


Fig. 129. — Sinusoidă

După 360° forța electromotoare și curentul trec din nou prin aceleași valori și au același sens.

Timpul după care forța electromotoare și curentul iau aceleași valori și sens se numește perioadă și se însemnă cu T.

Dacă spira o învârtim de exemplu cu o astfel de viteză încât într'o secundă face 50 învârtituri complete înseamnă că într'o secundă avem 50 schimbări complete, adică 50 perioade.

Numărul de perioade pe secundă se numește frecvență și se însemnă cu *f*. Rezultă că:

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{sau} \quad f = \frac{1}{T}$$

Deci curentul de mai sus are frecvența de 50 perioade pe secundă. Intr'o secundă acest curent își schimbă sensul de 100 de ori.

Curenții alternativi obișnuiți, folosiți pentru luminat și motoare, au frecvența de 50 perioade pe secundă.

Spira de mai sus, făcând 50 învârtituri complete într'o secundă, înseamnă că a parcurs de 50 de ori câte 360° sau câte 2π (unghiurile se măsoară în grade sau prin arcele unui cerc cu raza egală cu 1).

In total a parcurs într'o secundă:

$$2\pi \times 50$$

Dar 50 este frecvența. Vom nota:

$$\omega = 2 \pi f$$

ω (literă grecească, citește omega) se numește *pulsația curentului alternativ* și, după cum am constatat, este viteza unghiulară a spirei.

Pentru frecvența 50 pulsația este 314.

73. **Efectele curentului alternativ.** Să examinăm dacă curentul alternativ produce aceleași efecte ca și curentul continuu.

Efectul caloric (termic). In experiențele pe care le-am făcut, servindu-ne de curentul continuu, nu am constatat nicio modificare dacă inversăm bornele sursei și deci schimbăm sensul curentului.

Schimbarea sensului curentului nu poate modifica proprietatea curentului de a produce căldură.

Deci curentul alternativ produce căldură ca și curentul continuu și se aplică aceeași formulă, adică:

$$Q = 0{,}24\ RI^2t.$$

Efectul chimic. Deoarece curentul alternativ își schimbă continuu sensul, el nu poate produce descompuneri chimice. Am văzut că prin curentul continuu se transportă părți din electrolit spre catod și alte părți spre anod.

Dacă curentul își schimbă sensul înseamnă că de mai multe ori pe secundă catodul se transformă în anod și invers.

In astfel de condiții nu mai este posibilă depunerea.

Efectul magnetic. Am constatat că sensul în care deviază un ac magnetic așezat în vecinătatea unui curent continuu depinde de sensul curentului.

Acul magnetic în vecinătatea unui curent electric alternativ nu poate fi deviat, deoarece acțiunea curentului asupra acului își schimbă mereu sensul. Acul nu poate să urmeze toate schimbările curentului.

Electromagneții produși prin curent alternativ pot fi folosiți pentru puterea lor de atracție, dar polii magnetului se schimbă la fiecare modificare de sens a curentului. Prin urmare, la un curent alternativ de 50 perioade pe secundă vor fi 100 schimbări de polaritate.

74. **Tensiune efectivă și curent efectiv.** Am văzut că pentru

calculul efectului caloric se folosește și în curentul alternativ aceeași formulă ca în curentul continuu. De asemenea și pentru electromagneți și în multe alte cazuri.

Se pune însă întrebarea: cu ce valoare a forței electromotoare și a curentului vom lucra, căci acestea se schimbă necontenit?

Calculele au dovedit că trebue să lucrăm cu 0,707 din valoarea maximă a forței electromotoare și cu 0,707 din valoarea maximă a curentului.

Acestea se numesc *valori eficace* și se însemnă cu U și I.

Deci: $U = 0{,}707 \times U_{max}$
$I = 0{,}707 \times I_{max}$

Deci, un curent alternativ care are intensitatea maximă I' produce același efect ca și un curent continuu având intensitatea 0,707. I.

Intotdeauna când se vorbește de intensitatea și tensiunea curentului alternativ se înțeleg valorile eficace ale tensiunii și curentului.

Aplicații: Să se determine intensitatea efectivă a unui curent alternativ a cărui intensitate maximă este de 100 A.

$I = 0{,}707 \times 100 = 70{,}7$ A.

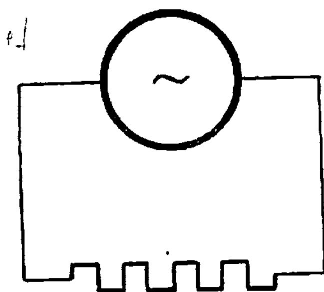


Fig. 130. — Circuit de curent alternativ cuprinzând un conductor liniar

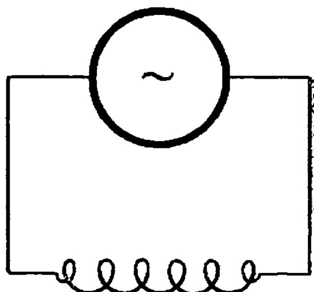


Fig. 131. — Circuit de curent alternativ cuprinzând o bobină

75. **Decalajul curentului.** Cu ajutorul mașinii arătate în fig. 126, obținem o tensiune alternativă între cele două lame și un curent alternativ în circuitul care le unește.

In acest circuit putem avea conductori liniari, adică simple rezistențe, sau bobinaje. In ultimul caz circuitul va fi caracterizat printr'un coeficient de autoinducție.

Am văzut însă la „Inducție" că un curent variabil într'un circuit cu autoinducție produce o forță electromotoare de inducție și că în acest caz curentul este în întârziere față de forța electromotoare.

Această întârziere o numim *decalaj*.

Am stabilit că forța electromotoare alternativă variază după cum arată curba.

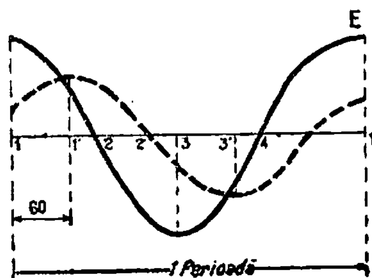


Fig. 132. — Sinusoidele forței electromotoare și curentului

Curentul produs de o asemenea forță electromotoare va avea aceeași formă, dar va fi în întârziere. Il vom desena deci tot printr'o curbă sinusoidală, depărtată însă de sinusoida forței electromotoare.

Să urmărim învârtirea spirei și să urmărim și desenul din fig. 132; observăm următoarele:

In poziția *1*: tensiunea este pozitivă și maximă, curentul pozitiv abia a început să crească.

In poziția *1'*: care este la 60° de 1, tensiunea este pozitivă și în scădere, curentul pozitiv este maxim

In poziția *2*: care este la 90° de 1, tensiunea este zero, curentul pozitiv este în scădere.

In poziția *2'*: care este la 150° de 1, tensiunea este în creștere, dar are sens contrar, deci negativ, curentul este zero.

In poziția *3*: care este la 180° de 1, tensiunea este negativă și maximă, curentul negativ în creștere.

In poziția *3'*: care este la 240° de 1, tensiunea este în descreștere, curentul negativ este la maxim.

In poziția *4*: care este la 270° de 1, tensiunea este zero, curentul negativ este în descreștere.

In poziția I; care este la 360° dela început, tensiunea este pozitivă și maximă, curentul pozitiv în creștere.

Dacă în cazul din figură am împinge sinusoida curentului spre dreapta, cu porțiunea $I-I'$, ea s'ar suprapune peste sinusoida forței electromotoare.

Această distanță este deci tocmai decalajul între tensiune și curent. El se măsoară în grade. In cazul din figură, decalajul este de 60°.

Decalajul este cu atât mai mare cu cât coeficientul de autoinducție al unui circuit este mai mare.

Un circuit liniar nu are coeficientul de autoinducție, deci în el nu se produce decalaj, sau decalajul este 0 (zero).

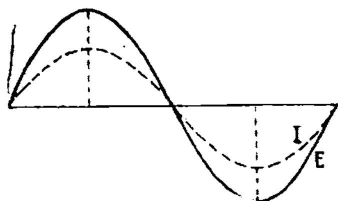


Fig. 133. — Decalaj zero

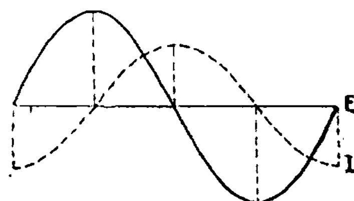


Fig. 134. — Decalaj de 90°

Dacă circuitul este format numai din bobine a căror rezistență este foarte mică și deci o putem socoti 0, decalajul este de 90°.

Acesta este cel mai mare decalaj posibil între tensiune și curent.

Dacă în circuit sunt bobine care au o anumită rezistență, decalajul va avea o valoare între 0 și 90, depinzând de mărimea coeficientului de autoinducție față de rezistență.

Unghiul de decalaj se însemnă prin litera grecească φ (se citește „fi").

76. **Legea lui Ohm pentru curentul alternativ.** Am constatat că într'un circuit de curent alternativ, având un coeficient de autoinducție (sau, pe scurt, având autoinducție) se produce o forță electromotoare de autoinducție care se opune tensiunii sau forței electromotoare aplicate circuitului.

Așa stând lucrurile, nu mai putem aplica legea lui Ohm pentru aflarea intensității curentului, în modul cum am aplicat-o pentru curentul continuu.

In adevăr din cauza forței electromotoare opuse de inducție, curentul este mai mic.

Dar curentul este mai mic și dacă rezistența sporește.

S'a constatat că putem aplica și în curent alternativ legea lui Ohm dacă sporim rezistența circuitului cu o cantitate care ține seamă de coeficientul de autoinducție.

Această rezistență a unui circuit de curent alternativ care cuprinde și bobine se numește *rezistență aparentă* sau *impedanță* și se notează cu Z.

Ea este cu atât mai mare cu cât coeficientul de autoinducție este mai mare dar și cu cât frecvența curentului este mai mare.

Impedanța Z, pentru un circuit format din rezistență și autoinducție, este:

$$Z = \sqrt{R^2 + L^2\omega^2}.$$

Vom scrie legea lui Ohm pentru curentul alternativ sub forma:

$$I = \frac{E}{Z},$$

în care E este forța electromotoare din circuit, măsurată în V, I este intensitatea curentului, măsurată în A, iar Z este rezistența aparentă (impedanța), care se măsoară tot în ohmi ca și rezistența.

Formula se mai poate scrie și sub forma:

$$I = \frac{U}{Z},$$

in cazul când circuitului i se aplică o tensiune.

Observăm că valorile I, E și U sunt *valori eficace*.

77. Puterea în curentul alternativ. Nu numai legea lui Ohm este diferită în curentul alternativ față de curentul continuu, ci și puterea.

Din cauza decalajului dintre tensiune și curent puterea este mai mică decât produsul dintre tensiune și curent.

Formula puterii este:

$$P = UI \cos \varphi$$

$\cos \varphi$ (se citește cos „fi") depinde de valorile unghiului de decalaj. El se numește *factor de putere*.

Intotdeauna $\cos \varphi$ este mai mic decât 1.

Dacă nu este niciun decalaj ($\varphi = 0$) atunci $\cos \varphi = 1$ și puterea are aceeași formulă ca în curentul continuu:

$$P = UI\ .$$

Dacă decalajul este maxim ($\varphi = 90^0$) atunci cos $\varphi = 0$ şi puterea este:

$$P = UI \times 0 = 0,$$

deci nu se produce nicio putere.

Intre aceste valori extreme φ poate avea diferite valori şi deci şi cos φ.

Se constată că foarte adeseori cos $\varphi = 0,8$.

Ca şi în curentul continuu, puterea se măsoară în waţi.

78. **Introducerea folosirii curentului alternativ.** Multă vreme tehnicienii nu şi-au dat seama de importanţa curentului alternativ. Când s'a început a se construi maşini pentru producerea curentului electric, nimeni nu se gândea la folosirea curentului alternativ, ci primii constructori de maşini electrice s'au străduit să transforme curentul alternativ în curent continuu şi au izbutit cu ajutorul „colectorului", despre care vom învăţa mai târziu.

Dar o asemenea maşină este mai complicată. Nu a trecut însă mult timp şi tehnicienii au început a cunoaşte proprietăţile şi posibilităţile curentului alternativ şi astăzi ele sunt generalizate.

La început, fiecare centrală electrică alegea cum voia frecvenţa curentului. Erau astfel produşi curenţi cu frecvenţe de 100, 120, 130 perioade pe secundă dar erau întrebuinţaţi şi curenţi cu 40, 30 şi chiar 16 perioade pe secundă.

Mai târziu s'a ajuns a se adopta o singură frecvenţă de 50 de perioade pe secundă.

Tot în cartea „Ţara Electricităţii" putem citi multe lucruri despre curentul alternativ.

Curenţi alternativi polifazaţi

79. **Curenţi trifazaţi.** Să luăm trei maşini, de felul celor arătate în fig. 126 şi să aşezăm spirele fiecăreia aşa cum se arată în fig. 135, adică spira din cazul *II* este la 120⁰ faţă de cazul *I*, iar în cazul *III* spira este la 240⁰ faţă de cazul I.

Plecând dela aceste poziţii, să învârtim spirele cu aceeaşi iuţeală. Distanţa dintre ele va rămâne deci mereu cea arătată mai sus.

Să desenăm variația forței electromotoare pentru fiecare spiră.

După cum se constată, forța electromotoare în spira *II* este decalată cu 120 față de forța electromotoare din spira *I*, iar forța

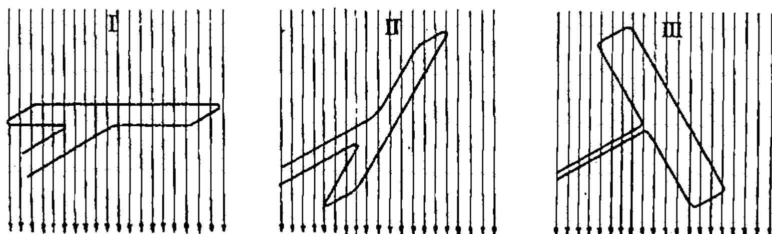


Fig. 135. — Producerea forțelor electromotoare decalate cu 120°

electromotoare din spira *III* este decalată cu 240° față de forța electromotoare din spira *II*.

Avem deci trei forțe electromotoare, decalate între ele.

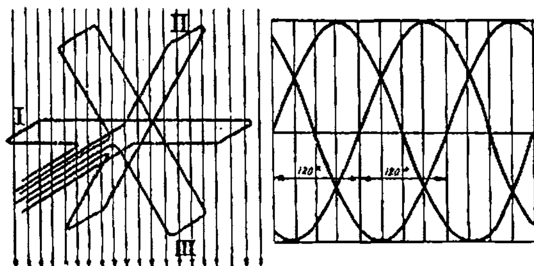


Fig. 136. — Forțe electromotoare decalate cu 120°

In loc de a avea cele trei spire pe mașini diferite, să le montăm pe aceeași mașină.

Lucrurile nu se vor schimba în ceea ce privește producerea forțelor electromotoare.

Dacă fiecare spiră este închisă, în ea se va produce câte un curent alternativ.

Curenții, fiind produși de forțele electromotoare decalate cu 120, vor fi și ei decalați tot cu câte 120.

Vom obține prin urmare în aceeași mașină trei forțe electromotoare și trei curenți diferiți.

Asemenea curenți se numesc alternativi trifazici, sau, pe scurt, *curenți trifazici.*

Curenții trifazici sunt foarte mult întrebuințați în aplicațiile electricității.

80 **Proprietățile curenților trifazici.** Având pe mașină trei spire, înseamnă că vom avea 6 capete și deci 6 lamele pentru scoaterea curentului înafară.

Dacă privim desenul în fig. 136, vom observa că în fiecare poziție în care se găsesc cele trei spire curenții lor nu au niciodată același sens; întotdeauna într'o spiră curentul are sens contrariu față de curenții din celelalte două spire.

Tot în desen se poate constata că dacă cei trei curenți ar fi adunați, suma lor ar fi zero.

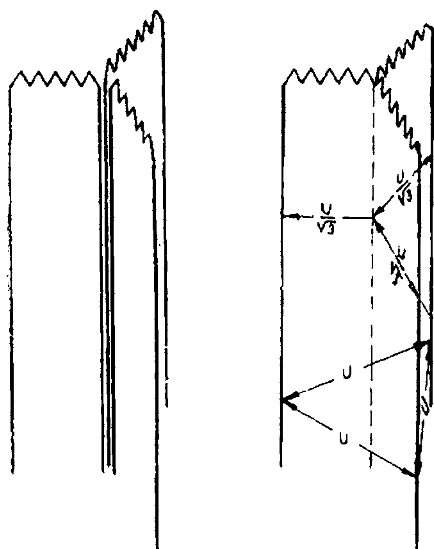


Fig. 137. — Legare în stea a conductelor trifazice

Această proprietate este folosită în modul următor: se leagă împreună câte un capăt a' fiecărei spire; în acel punct se adună cei trei curenți, dar suma lor este zero, după cum am arătat mai sus. Acesta este punctul neutru. In felul acesta au mai rămas numai trei capete libere ale spirelor, dela care culegem curentul înafară, prin trei lamele, de unde vor pleca trei sârme. O asemenea legare a sârmelor spirelor se numește *legătură în stea.*

Dar spirele se mai pot lega și altfel: se leagă un capăt al fiecărei spire cu un capăt al altei spire. O asemenea legătură se numește *legătură în triunghiu.*

Dela vârfurile triunghiului pleacă sârme care merg la lamele pentru scoaterea curentului înafară.

Şi în acest caz, vom avea înafară tot trei fire.

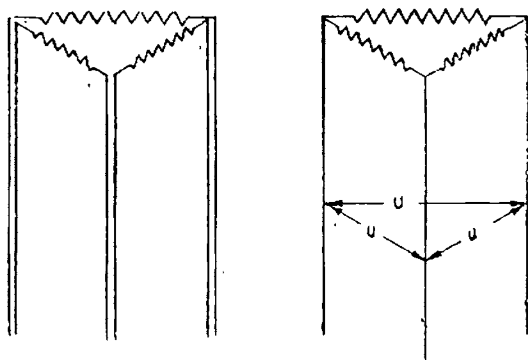


Fig. 138. — Legare în triunghiu

Deci, la instalaţiile de curenţi trifazici pleacă dela sursa producătoare de curent trei conducte.

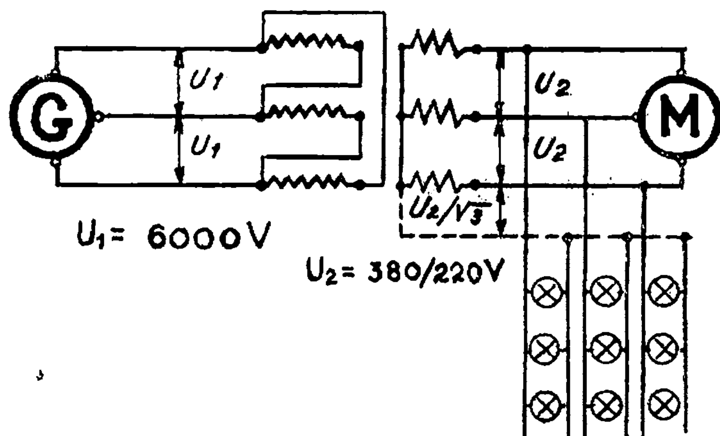


Fig. 139. — Exemple de legături în stea şi triunghiu

Uneori pleacă şi dela firul neutru o conductă.

81. **Curenţii bifazaţi.** După cum am produs trei curenţi de-

calați între ei cu 120° cu ajutorul a trei spire, putem produce curenți decalați între ei cu 90°, folosind numai două spire, care sunt așezate la unghiu drept. Asemenea curenți se numesc bifazați și sunt mult mai puțin întrebuințați decât curenții trifazați.

Dacă în mașina noastră avem o singură spiră, obținem un singur curent, care se numește *monofazat.*

Proprietățile curentului monofazat, pe care l-am examinat mai sus (decalaj, legea lui Ohm, formula puterii, etc.), se aplică la curenții bifazați și trifazați.

Bine înțeles, în cazul unui curent trifazat, puterea dată de cele trei circuite este egală cu de trei ori puterea unui circuit (tensiunile fiind egale în cele trei circuite, de asemenea și curenții).

Exerciții

Intrebări:

1. De câte ori se schimbă sensul curentului alternativ într'o secundă, dacă spira din fig. 126 este învârtită cu o iuțeală de 120 rotații pe minut?

2. Dacă spira se învârtește între patru poli, care se succed în ordinea N, S, N, S, iar axele lor sunt în unghiu drept, de câte ori se schimbă sensul curentului la o rotație completă (360°)?

3. Dacă, în cazul precedent, spira se învârtește cu o iuțeală de 600 rotații pe minut, de câte ori se schimbă sensul curentului într'o secundă?

4. Ținând seamă de cele mai sus, să se stabilească formula frecvenței curentului pe baza vitezei de rotație (n = rotații pe minut, $2p$ = numărul de poli).

5. Care este tensiunea eficace a unui curent alternativ sinusoidal a cărui valoare variază dela 0 la 312 V?

6. Dar a unui curent alternativ sinusoidal a cărui valoare variază dela 0 la 70,6 A?

7. Care este puterea produsă de un curent alternativ, având tensiunea de 220 V, intensitatea de 20 A și decalajul de 60°?

8. Care este intensitatea unui curent alternativ, știind că puterea este de 10 kW, tensiunea de 220 V, iar decalajul de 45°?

9. Care este intensitatea unui curent alternativ, știind că puterea este de 15 kW, tensiunea de 110 V, iar factorul de putere 0,8?

10. Cât este factorul de putere al unui circuit de curent alternativ, știind că puterea este de 2 kW, tensiunea de 220 V, iar intensitatea 10 A?

Răspunsuri:

1. Intr'o secundă, spira face $\frac{120}{60} = 2$ rotații. La fiecare rotație se produce o schimbare de sens. Intr'o secundă se vor produce deci 2 schimbări de sens.

2. In rotația dela un pol la altul de acelaș nume se produce o schimbare. Vor fi deci două schimbări.

3. Intr'o secundă, spira face $\frac{600}{60}$ rotații. La o rotație se produc două schimbări, deci la 10 rotații : 2 × 10 schimbări pe secundă.

4. $f = \frac{p \times n}{60}$.

5. $V = 0{,}707\ U_{max}$ $V = 0{,}707 \times 312 = 220$ V.
6. $I = 0{,}707\ I_{max}$ $I = 0{,}707 \times 706 = 50$ A.
7. $P = 220 \times 20 \times 0{,}50 = 2200$ W.

8. $I = \frac{10\,000}{220 \times 0{,}707} = 645$ A.

9. $I' = \frac{15\,000}{110 \times 0{,}8} = 170$ A.

10. $\cos \varphi = \frac{2\,000}{220 \times 10} = 0{,}91$.

Intrebări recapitulative

1. Cum se produce curentul alternativ ?
2. Cum variază tensiunea ? Dar intensitatea ?
3. Ce efect are coeficientul de autoinducție asupra curentului alternativ ?
4. Ce se numește decalaj ?
5. Care este decalajul curentului față de tensiune, într'un circuit care are numai rezistența ohmică ?
6. Dar decalajul unui circuit care are numai autoinducție ?
7. La curentul continuu este decalaj între tensiune și curent ?
8. Cum se aplică legea lui Ohm în curentul alternativ ?
9. Ce este impedanța ?
10. Rezistența unui circuit care are o bobină (și deci are rezistență ohmică și autoinducție) este mai mare în curent alternativ, sau în curent continuu ?
11. Cum se calculează puterea unui curent alternativ ?
12. Este posibil să fie puterea nulă, deși tensiunea și intensitatea au anumite valori ?
13. Cum variază intensitatea curentului unui circuit, dacă puterea pe care o dă rămâne constantă, de asemenea tensiunea, dacă factorul de putere scade dela 1 la 0 ?

VIII. ELECTROSTATICA

82. **Electrizare prin frecare.** Ne-am ocupat până acum de anumite fenomene electrice care au la baza lor existența unui curent electric, adică electricitatea în mişcare. Nu am avut niciun prilej să constatăm existența electricității, dacă nu era în mişcare. Astfel când deschideam un circuit, curentul înceta și încetau şi efectele lui.

Vom constata însă că electricitatea se manifestă şi prin alte efecte nu numai prin curent electric.

Am arătat că primele fenomene electrice au fost observate asupra chihlibarului. Un bastonaş de chihlibar frecat cu o stofă de lână capătă proprietatea de a atrage corpuri uşoare: bucățele de hârtie, etc. Aceeaşi însuşire o are însă şi un bastonaş de sticlă, de răşină, de ebonită, de sulf, etc. S'a spus că asemenea corpuri, prin frecare, se „electrizează" (folosind denumirea grecească a chihlibarului de „electron").

Să facem mai multe experiențe pentru a ne da seama de aceste stări de electrizare.

Luăm două bastonaşe de ceară şi le frecăm cu un postav de lână. Punem unul din bastonașe pe un suport ascuțit, în jurul căruia se poate mişca.

Apropiem celălalt bastonaş; vom observa că bastonul de pe suport se îndepărtează.

Repetăm experiența, folosindu-ne însă de bastonaşe de sticlă, frecate de o piele. Vom constata acelaşi fenomen de respingere.

Dacă inversăm lucrurile şi apropiem bastonașul de sticlă de cel de ceară, vom observa că ele se apropie.

Experiențele de mai sus se pot face în multe feluri. Astfel, în loc de a fi așezate pe un suport ascuțit, bastonaşele se pot atârna cu câte un fir de mătase.

Oricare dintre noi putem face asemenea încercări simple. Rezultatele vor fi mereu aceleaşi: bastonaşele de sticlă se resping; la fel cele de ceară. Invers, bastonaşele de sticlă atrag pe cele de ceară.

Să atingem deodată bucăţelele mici de hârtie cu un bas-

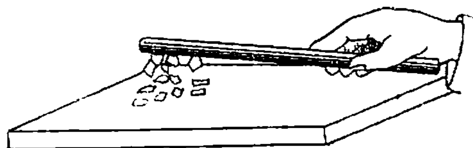


Fig. 140 a. — Efectele electrizării prin frecare

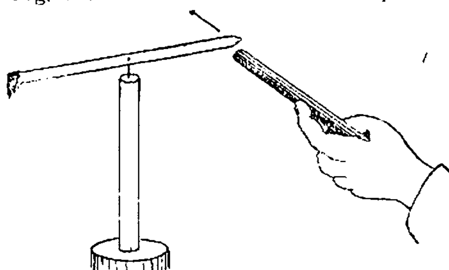


Fig. 140 b. — Efectele electrizării corpurilor

tonaş de sticlă şi cu un bastonaş de ceară electrizate. Nu se mai întâmplă nimic; hârtiuţele nu mai sunt atrase.

Concluzia celor de mai sus este următoarea:

Electrizarea corpurilor este de două feluri: sticloasă şi răşinoasă; cele două feluri de electrizări, în contact, se anulează.

In algebră am văzut că mărimile contrare se însemnă cu + şi —. La fel s'a făcut şi aci; electrizarea sticloasă s'a însemnat cu + (pozitiv), iar cea răşinoasă s'a însemnat cu — (negativ).

83. **Electrizarea prin contact.** Să luăm o bobiţă de măduvă de soc sau de floarea soarelui şi să o atârnăm de un suport cu un fir de mătase. Bobiţa se poate balansa uşor în orice direcţie. Acest aparat simplu se numeşte *pendul electric.*

Electrizăm un bastonaş de sticlă, frecându-l şi-l apropiem de bobiţă. Ea este atrasă până ce se lipeşte de sticlă; pe urmă însă se deslipeşte şi se depărtează.

Apropiem un bastonaş de ceară electrizat prin frecare; bobiţa va fi atrasă. Ce deducem? Prin contactul cu un corp electrizat, bobiţa a fost şi ea electrizată.

Repetăm experienţa, folosindu-ne de două pendule şi apropiind de bobiţe sticlă electrizată. Apropiem apoi pendulele; bobiţele se vor respinge.

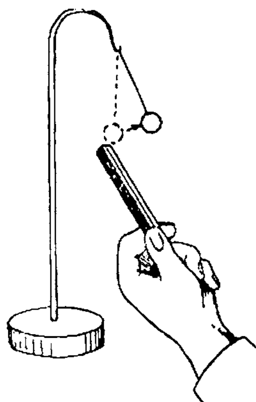


Fig. 141 a — Pendul electric

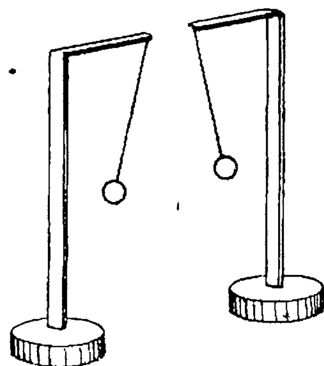


Fig. 141. b. — Pendule electrice

Deci, starea de electrizare poate fi transmisă dela un corp la altul, dacă acele corpuri vin în atingere.

84. **Electroscopul.** Odată ce aceste rezultate au fost stabilite, s'a găsit că e necesar să se construiască un aparat care să măsoare gradul de electrizare al unui corp şi felul electrizării. S'a construit în acest scop aparatul numit electroscop, care se compune dintr'o sticlă, cu un dop, prin care trece o vergea de metal. Inafară, vergeaua se termină cu o mică bilă, iar aproape de capătul dinăuntru are prinsă o foiţă metalică uşoară.

Dacă apropiem de bilă un corp electrizat, electroscopul se va electriza; vergeaua cu foiţa, electrizându-se la fel, se vor respinge, deci foaia se va îndepărta de vârful vergelei. Indepărtarea este mai mare sau mai mică, după gradul de electrizare.

Dacă avem un corp electrizat, dar fără să ştim cu ce fel de electricitate, şi-l apropiem de bilă, se pot întâmpla două lucruri:

— foiţa se îndepărtează mai mult, ceea ce dovedeşte că ne-am apropiat cu un corp care are o electrizare de acelaşi nume cu electroscopul;

— foița se apropie, ceea ce dovedește că ne-am apropiat cu un corp, care are o electrizare de semn contrar celei a electroscopului.

85. **Trecerea electrizării dela un corp la altul.** Să legăm bila electroscopului printr'un fir subțire de cupru, lung de câțiva metri, cu o sferă de metal, susținută pe un picior de sticlă.

Electrizăm un corp, de exemplu un bastonaș de rășină, și atingem cu el sfera de metal.

Vom constata că foița electroscopului se îndepărtează, deci s'a încărcat cu electricitate; atingem sfera cu degetul, foițele se apropie, electroscopul a pierdut electricitatea.

Să înlocuim firul de cupru prin altul de mătase. Dacă atingem acum din nou sfera de metal cu bastonașul de rășină electrizat, foițele nu se mai îndepărtează. Electrizarea nu a mai trecut de pe sferă la electroscop.

Atingem însă electroscopul cu bastonașul, foițele se îndepărtează. Atingem cu degetul sfera, foițele rămân neschimbate.

Deci, prin firul de mătase nu se transmite electrizarea.

Să înlocuim, în cele din urmă, firul de mătase printr'unul de

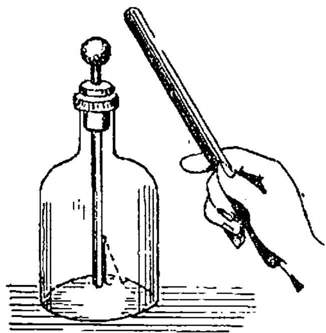


Fig. 142. — Electroscop

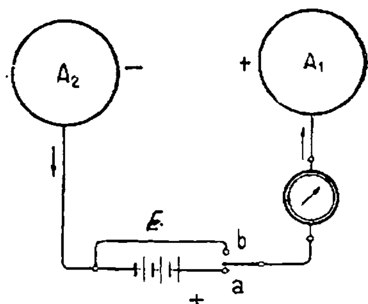


Fig. 143. — Electrizare cu ajutorul elementelor galvanice

cânepă. Electrizarea se transmite, dar îndepărtarea foițelor se face încet.

Deci: *prin unele corpuri, electrizarea se poate transmite lesne, prin altele mai greu și, în sfârșit, prin altele deloc.*

Din prima categorie fac parte mai ales metalele, apoi cărbunele, soluțiile de săruri, acizi și baze, precum și corpul omenesc.

Ele se numesc *conductori*. Printre celelalte sunt: sticla, porțelanul, bumbacul, mătasea, ebonitul, cauciucurile, uleiurile.

Ele se numesc *izolanți* sau *dielectrici*.

Intre corpurile conducătoare și izolanți este o mare categorie de corpuri, mai mult sau mai puțin bune conducătoare, și care se numesc *semiconductori*.

86. **Electrizarea cu ajutorul unei forțe electromotoare.** Am constatat că stări de electrizare pot produce un curent electric.

Să legăm două sfere metalice, prin sârme de cupru, cu cei doi poli ai unei baterii de elemente galvanice, introducând și un galvanometru precum și un comutator. Este bine ca bateria să aibă o forță electromotoare cât mai mare.

Vom observa mai multe fenomene:

a) Galvanometrul va arăta o deviație de scurtă durată, deci un curent a trecut dela baterie spre sfere. De vreme ce s'a produs un curent I într'un timp t, însemnează că o cantitate de electricitate s'a deplasat dela baterie pe sfere și anume: $Q = I t$.

b) Cu ajutorul unui electroscop sau al unui pendul constatăm că sfera A_1 s'a încărcat cu electricitate sticloasă, iar sfera A_2 s'a încărcat cu electricitate rășinoasă. După cum se vede din fig. 143 electricitatea sticloasă corespunde bornei + a bateriei și electricitatea rășinoasă bornei —.

Ce concluzie tragem? Cu ajutorul pilelor galvanice am produs electrizarea celor două sfere ca și în cazul frecării. Am mai constatat că această electrizare este datorită unei cantități de electricitate care s'a deplasat pe sfere. Am mai observat că electricitatea sticloasă corespunde bornei + a elementului galvanic, iar electricitatea rășinoasă bornei — .

Iată deci că starea de electrizare este datorită încărcării cu electricitate a celor două sfere.

c) Dacă apropiem un pendul electrizat pozitiv de A_1 constatăm că este respins; apropiat însă de A_2 este atras. Fenomenul se petrece invers, dacă apropiem un pendul electrizat negativ. Deci sferele electrizate exercită în jurul lor niște forțe egale.

Putem trage concluzia că:

Sfera A_1 s'a încărcat cu cantitatea de electricitate pozitivă $+Q$, iar sfera A_2 s'a încărcat cu cantitatea de electricitate negativă $-Q$.

Mai putem exprima același lucru spunând că sfera A_1 este

încărcată cu *sarcina electrică pozitivă* $+Q$, iar A_2 este încărcată cu *sarcina electrică negativă* $-Q$.

87. Legea lui Coulomb. Am văzut că sferele electrizate atrag sau resping bobiţele pendulelor.

Forţa care se exercită între două corpuri electrizate a fost stabilită de fizicianul Coulomb (citeşte Culomb). Coulomb a făcut experienţe cu un aparat numit *balanţa de răsucire,* cu care se pot măsura forţe mici.

1. Punând sfere electrizate la fel, la diferite distanţe una de alta, a măsurat forţele de respingere. El a constatat că, dacă, de exemplu, depărtarea este de un cm, se produce forţa F, dacă distanţa este de 2 cm, forţa scade la $F/4 = F/2^2$; dacă distanţa se măreşte la 3 cm forţa scade la $F/9 = F/3^2$. Prin urmare, forţa variază invers proporţional cu pătratul distanţei.

2. Păstrând distanţa neschimbată, dar variind încărcarea electrică, s'au constatat următoarele:

Dacă încărcările celor două sfere sunt egale se produce o forţă F, dacă încărcările sunt de două ori mai mari, se produce o forţă de 4 ori mai mare, adică 2×2, dacă încărcările sunt de trei ori mai mari se produce o forţă de 9 ori mai mare, adică 3×3.

Forţa este deci proporţională cu produsul sarcinilor.

Aceste rezultate se pot expune printr'o formulă simplă:

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{d^2},$$

în care:

Q_1 este încărcarea electrică a unui corp,
Q_2 este încărcarea electrică a celuilalt corp,
d este distanţa între ele,
F este forţa măsurată între cele două corpuri.

Dacă Q_1 şi Q_2 sunt de acelaşi semn, înseamnă că F va fi pozitiv, şi înseamnă că cele două corpuri se resping.

Dacă Q_1 şi Q_2 sunt semne contrarii, F este negativ şi înseamnă că cele două corpuri se atrag

Legea de mai sus se exprimă astfel:

Două sarcini electrice se atrag, dacă sunt de sens contrariu, şi se resping dacă **sunt de acelaş sens,** direct proporţional cu produsul lor, şi invers proporţional cu pătratul distanţei dintre ele.

Formula de mai sus este valabilă când sarcinile electrice sunt în vid. Dacă ele se află într'un mediu oarecare ea devine:

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{\varepsilon d^2} \text{ deci forţa este mai mică.}$$

ε (litera grecească, care se citeşte „epsilon") se numeşte *constanta dielectrică* şi are o anumită valoare pentru fiecare corp izolator.

Iată valorile câtorva dielectrici: aerul 1,00057; parafina 2,30; ebonita 2,80; sticla 5—7; mica 8.

88. **Electrizarea prin influență.** Luăm o sferă de metal pe un picior izolant și o încărcăm pozitiv prin contact; o apropiem de un conductor de metal în formă cilindrică, cu capetele alungite.

Ce vom constata? Cilindrul se încarcă negativ în vecinătatea *C* a sferei și pozitiv la partea opusă *D*, lucru care se constată lesne, cu ajutorul unor pendule electrice făcute cu fire bune conducătoare lipite pe cilindru.

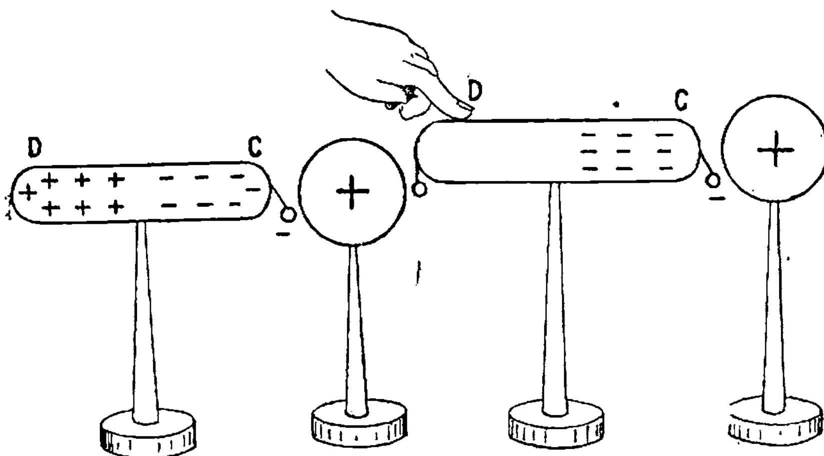


Fig. 144 a, b. — Electrizarea prin influență

Dacă atingem cilindrul cu degetul, facem prin corp o legătură conductibilă cu pământul și electricitatea pozitivă se scurge, lucru care se constată cu ajutorul pendulului din *D*, a cărui bobiță se apropie de cilindru.

Ridicăm degetul și îndepărtăm sfera, bobița pendulului *D* se îndepărtează. Constatăm că întregul cilindru este încărcat cu electricitate negativă, care s'a răspândit dela capătul *C*.

Vom spune: conductorul *B s'a electrizat prin influență.*

Acest fenomen îl vom constata și cu ajutorul electroscopului.

Apropiem de bila electroscopului un bastonaș de sticlă electrizat; foițele se îndepărtează. Atingem bila cu un deget, foițele se apropie.

Ridicăm degetul și îndepărtăm bastonul, foițele se îndepărtează din nou și rămân în această poziție.

Apropiem acum un bastonaș de sticlă electrizat, îndepărtarea foițelor se mărește. Apropiem un bastonaș de sticlă electrizat, foițele se apropie.

Să explicăm aceste fenomene:

La prima apropiere a bastonului de sticlă electrizat, bila electroscopului s'a încărcat negativ, iar foițele pozitiv.

Atingând bila cu degetul, electricitatea pozitivă s'a scurs, iar tot electroscopul a rămas încărcat negativ.

Apropiind bastonașul electrizat negativ se produce în foițe electricitate negativă, de aceea ele se îndepărtează mai mult.

Apropiind bastonaşul electrizat pozitiv s'a produs în foiţe electricitate pozitivă care a anulat electricitatea negativă existentă, de aceea foiţele s'au apropiat.

89. **Electrizarea se produce numai pe suprafaţa exterioară a corpilor.** Să presupunem că cele două sfere din experienţa din fig. 143 sunt goale pe dinăuntru. Orice tensiune vom aplica, vom constata că în interior nu este nicio sarcină electrică.

Deci sarcina electrică se răspândeşte numai pe suprafaţa exterioară a conductorilor şi niciodată în interior, chiar dacă peretele conductorului este foarte subţire. Atingând interiorul cavităţii cu un conductor, acesta nu se electrizează; dacă dimpotrivă, conductorul este electrizat electrizarea lui dispare şi anume, sporeşte încărcarea electrică dela suprafaţă.

Experienţa dovedeşte că şi în cazul când suprafaţa exterioară are întreruperi sarcina electrică nu se stabileşte în interior.

Să luăm în acest scop o cuşcă de metal. Pe faţa exterioară să prindem un pendul şi să punem un pendul şi în interior. In loc de a folosi pendule putem să legăm faţa interioară şi cea exterioară la câte un electroscop.

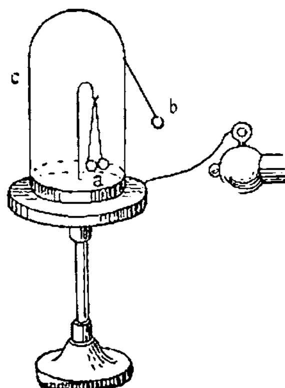


Fig. 145. — Electrizarea corpilor numai la suprafaţă

Oricât de mare ar fi electrizarea cuştei, vom constata că pendulul din interiorul ei rămâne nemişcat; deci, în interior, cuşca rămâne neelectrizată. Această proprietate serveşte pentru apărarea clădirilor contra trăsnetelor. Se înconjoară clădirile cu o reţea metalică cu ochiuri mari, legate la pământ.

90. **Câmp electric. Linii de forţă.** Oriunde vom duce un corp electrizat în jurul sferelor A_1 şi A_2, fig. 143, vom constata că este atras sau respins, după semnul sarcinilor electrice. Deci, oriunde în jurul unui corp electrizat se exercită forţe. Vom spune că există un *câmp electric.*

Se numeşte *intensitatea câmpului electric forţa exercitată asupra unei sarcini egale cu 1 aflată în acel punct.*

Să aplicăm legea lui Coulomb ţinând seamă că sarcina $Q_2=1$; intensitatea **câmpului electric rezultă din:**

$$E = \frac{Q_1 1}{\varepsilon d^2} = \frac{Q_1}{\varepsilon d^2}.$$

Dacă cunoaştem pe E, putem determina forţa care se va exercita în acel punct, asupra oricărei sarcini:
Căci:

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{\varepsilon d^2} = E\, Q_2 .$$

Dar o forţă are şi o anumită direcţie. Ea ne este arătată de liniile de forţă. Dacă de o sferă de metal legăm fâşii subţiri de foiţă de ţigară şi apoi electrizăm sfera, foiţele se vor electriza şi ele şi se vor îndrepta după direcţia razelor sferei. Faptul acesta ne arată că razele reprezintă direcţia forţelor.

91. **Capacitatea electrică.** Să continuăm experienţele cu aparatele din fig. 143. Să închidem întrerupătorul în poziţia *a*. Vom observa la galvanometru un curent I trecător în timpul t. Ştim că a trecut o cantitate de electricitate.

$$Q_1 = I\, t .$$

Să repetăm experienţa, dar în loc de E_1 să utilizăm o baterie, care are o forţă electromotoare mai mare, E_2, şi apoi alta E_3 şi mai mare. Vom constata diferite cantităţi de electricitate Q_2, Q_3, etc. Intre cantităţile de electricitate şi f. e. m. găsim relaţia:

$$\frac{Q_1}{E_1} = \frac{Q_2}{E_2} = \frac{Q_3}{E_3} = C .$$

Să trecem apoi întrerupătorul în poziţia *b*; galvanometrul ne va arăta aceleaşi cantităţi de electricitate trecând în sens invers.

Dispozitivul nostru este deci un acumulator de electricitate. El se numeşte *condensator electric*, iar cele două părţi A_1 şi A_2 sunt *armaturile condensatorului*.

Mărimea C definită mai sus se numeşte capacitatea *condensatorului*.

Dacă avem un condensator, care pentru o tensiune de 1 V acumulează o cantitate de electricitate de un coulomb,

$$C = \frac{1}{1} = 1 \text{ farad şi se înseamnă prescurtat cu F.}$$

Faradul este unitatea de măsură cu care se măsoară capacităţile.

Deoarece este o unitate prea mare, pentru capacităţile obiş-

nuite, se lucrează cu o unitate de un milion de ori mai mică, numită *microfarad*, care se înseamnă prescurtat cu mF.

1 F = 1 000 000 mF.

Numele de Farad s'a dat după fizicianul Faraday.

Capacitatea C a unui condensator depinde de izolantul care separă cele două armaturi numit şi dielectric.

Această capacitate este mai mare dacă dielectricul este de exemplu parafină în loc de aer şi este şi mai mare dacă dielectricul este sticlă.

După ce am încărcat sferele A_1 şi A_2, să mutăm comutatorul în poziţia b. Galvanometrul va arăta un scurt curent electric de sens invers decât cel dela încărcare. Condensatorul s'a descărcat. Sferele nu mai au sarcină electrică.

Condensatoarele cele mai utilizate sunt cele plane; se mai construesc condensatoare sferice şi cilindrice. Condensatoarele plane sunt formate din plăci metalice, separate prin dielectric.

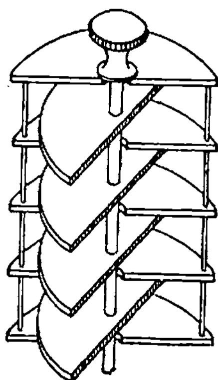


Fig. 146 a. — Condensator plan variabil (pentru radio)

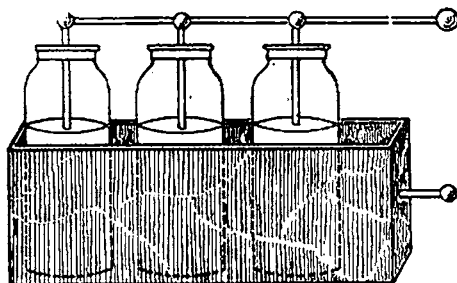


Fig. 146 b. — Butelia de Leyda

Dacă însemnăm cu S suprafaţa plană în cm², cu e depărtarea dintre plăci măsurată în cm, iar ε constanta dielectrică a izolantului dintre plăci, capacitatea este dată de formula:

$$C = \frac{\varepsilon S}{4\pi e}.$$

Un condensator cilindric este butelia de Leyda, care se prezintă precum se vede în fig. 146. Ea este formată dintr'un

cilindru de sticlă, acoperit pe fața internă și pe cea externă cu staniol (foiță de cositor). Ele formează armaturile. Armatura interioară este legată cu o vergea de metal care se termină afară cu o sferă.

Pentru încărcare, se pune în contact sfera cu corpul electrizat, iar armatura externă se leagă la pământ.

92. **Legarea condensatoarelor.** După cum mai multe rezistențe se leagă în serie sau derivație, la fel putem lega mai multe condensatoare. Fig. 147 arată condensatoare identice legate în serie.

Dacă fiecare are capacitatea c, capacitatea totală este egală cu $C=\frac{c}{6}$ iar cantitatea de electricitate totală este $Q = CU$.

In derivație: fig. 148 arată condensatoare legate în paralel, capacitatea rezultantă este $C = 6\ c$.



Fig. 147. — Condensatoare în serie

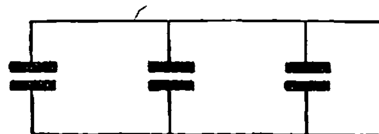


Fig. 148. — Condensatoare în derivație

Dacă unim cele două armaturi ale unui condensator printr'un fir metalic după ce am legat și un galvanometru, vom constata că se produce un curent datorit cantității de electricitate acumulată.

93. **Densitatea electrică.** Am văzut că electricitatea se răspândește numai la suprafața corpurilor conducătoare. Cantitatea de electricitate pe un cm² din suprafața conductorului se numește *densitate electrică superficială*. Pe un corp electrizat ea nu este egală; ea depinde de curbura conductorului.

Pe o sferă care are aceeași curbură peste tot, densitatea superficială este și ea aceeași. Dacă suprafața are curburi diferite, densitatea superficială este mai mare în locurile unde curbura este mai mare.

Să facem următoarea experiență: Luăm un corp cilindric, fixat pe un suport izolator și terminat cu o parte ascuțită. Pe suprafața cilindrului lipim din loc în loc câte două foițe de staniol. Electrizăm conductorul. Vom constata că foițele se în-

depărtează unele de altele şi că acelea aşezate spre partea ascuţită se îndepărtează mai mult. Deci acolo densitatea este mai mare.

Pe un vârf ascuţit, dacă densitatea depăşeşte o anumită valoare, electricitatea nu se mai poate menţine şi se scurge în aer sub formă de efluvii. Aerul din jur se încarcă cu electricitate de acelaşi sens cu a vârfului. Cele două electricităţi se resping însă. Dacă vârful se poate roti, se va mişca din cauza forţei de respingere. Se obţine astfel o morişcă electrică.

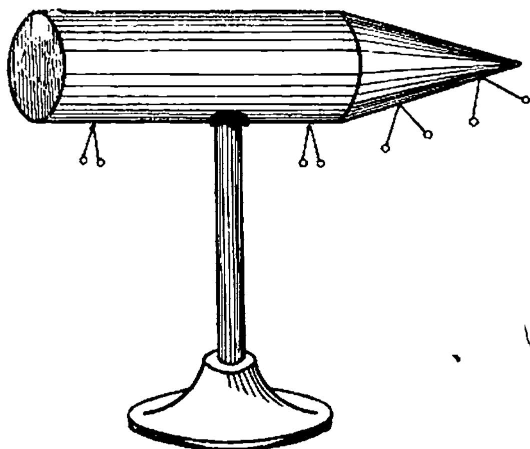


Fig. 149. — Variaţia densităţii superficiale

94. **Rigiditatea dielectrică.** Dacă la experienţele din fig. 143 mărim tensiunea aplicată celor două sfere separate prin aer, la un moment dat ţâşneşte între cei doi poli o scânteie şi cele două sfere se descarcă.

Dacă între ele se găsea un perete despărţitor de exemplu sticlă, se va întâmpla acelaşi lucru, dar pentru o tensiune mai mare. Se numeşte *rigiditate dielectrică tensiunea care trebue aplicată la doi conductori separaţi printr'un dielectric (izolant) în grosime de 1 cm, pentru ca acel dielectric să fie străbătut prin descărcare electrică. Aceasta este o tensiune explosivă.*

Cu cât grosimea dielectricului este mai mare, cu atât este necesară o tensiune mai mare.

Cunoaşterea rigidităţii dielectrice are o mare importanţă

pentru construirea condensatoarelor şi, în general, pentru folosirea oricărui izolant, deoarece trebue să ştim la ce tensiune acest izolant va fi străbătut.

De exemplu, la cablurile electrice subterane, unde sunt conductori la tensiuni mari, foarte apropiaţi, trebue ca izolanţii între ei să fie foarte rezistenţi.

Iată valorile rigidităţii pentru câteva corpuri: aer 32 000 V; petrol 65 000 V; sticlă 73—300 000; hârtia 40—100 000; hârtia parafinată 400 000—500 000 V; mica 600—700 000 V.

Se constată că ultimii corpi au o mare rigiditate. De aceea ei se întrebuinţează foarte mult ca izolanţi la maşinile electrice, cabluri, etc.

95. *Efectul Corona*. Curentul electric este deseori transmis prin conductori menţinuţi la tensiuni foarte mari. Aceşti conductori sunt sârme de cupru sau aluminiu suspendate de stâlpi, în aşa fel ca între ele să fie distanţe mari, uneori 2—3 m.

Scopul depărtării este de a evita descărcările prin scânteie.

Chiar cu aceste măsuri de prevedere s'a constatat că se produce o descărcare lentă, dacă conductorii au diametru mic.

Acest fenomen se numeşte *efectul Corona*.

Pentru a-l evita, la linii electrice de foarte mare tensiune, conductorii trebue să aibă un diametru mare.

96. **Maşini electrostatice.** Electrizarea corpurilor adică încărcarea lor cu electricitate se poate face şi cu unele maşini speciale. Ele n'au întrebuinţări practice, ci numai în laborator.

Intrebări recapitulative

1. Prin ce se arată electricitatea în mişcare?
2. Cum se electrizează unele corpuri?
3. De ce întrebuinţăm la experienţele de electrizare prin frecare: ceară, sticlă, ebonită, adică izolanţi?
4. Câte feluri de electrizare există?
5. Cum se mai pot electriza corpurile?
6. Ce este electroscopul?
7. Explicaţi funcţionarea electroscopului ţinând seamă de fenomenul de influenţă electrică.
8. Explicaţi electrizarea prin forţa electromotoare.
9. Stabiliţi legătura între electricitatea în mişcare şi electricitatea în repaus.
10. Ce este o sarcină electrică?
11. Formulaţi legea lui Coulomb.
12. Ce este constanta dielectrică?
13. Ce corpuri au constanta mai mare?
14. Ce sunt izolanţii şi ce sunt corpii conductori?

15. Unde se găsește electricitatea pe un corp ?
16. Ce este densitatea electrică ?
17. Unde este densitatea electrică mai mare pe un corp ?
18. Ce este un condensator electric ?
19. Care este unitatea de capacitate pentru condensator ?
20. Ce condensatoare cunoașteți ?
21. Cum se leagă condensatoarele ?
22. Ce este rigiditatea dielectrică ?
23. Ce corpuri cu rigiditate mare cunoașteți ?
24. Ce importanță practică are rigiditatea dielectrică ?
25. Ce este efectul Corona ?

IX. CURENȚI ELECTRICI IN GAZE

97. **Descărcări electrice în aer.** Am făcut diferite experiențe cu conductori formați din corpuri solide sau lichide prin care treceau curenți electrici și am constatat diferite fenomene.

Să încercăm a produce trecerea curentului electric prin gaze și vapori.

Ele nu sunt bune conducătoare de electricitate căci, dacă ar fi, s'ar produce imediat scurgerea electricității de pe corpurile electrizate.

Totuși, prin aer există o pierdere continuă, ceea ce dovedește că întrucâtva este conductibil.

In aer liber, trecerea curentului între doi conductori ținuți sub tensiune se poate face prin *descărcări*. Ele se produc dela anumite tensiuni care depind de starea în care se găsește aerul; dacă este umed este străbătut mai lesne.

Descărcările sunt de mai multe feluri:

Descărcări lente: fără lumină, se produc la tensiuni joase și mai ales între corpuri din care unul să fie ascuțit.

Descărcări luminoase în formă de ciorchine de coloare violetă, se produc la tensiuni mai mari.

Descărcări care se produc între firele liniilor electrice de mare tensiune și care au forma unei coroane luminoase.

Descărcări sub forma arcului electric sau voltaic. Am văzut că se produc la distanțe mici între electrozi și după ce aceștea s'au încălzit.

Descărcări prin scântei se produc la aplicarea unor tensiuni mari, între doi conductori: la bobina de inducție de exemplu.

98. **Descărcări atmosferice.** In atmosferă se produc descărcări electrice prin scântei, sub formă de fulgere care se produc între nori și sub forma trăsnetelor, care se produc între nori și pământ.

Aceste scântei sunt de mari dimensiuni şi pentru producerea lor sunt necesare tensiuni de sute de milioane de volţi.

Lungimea unui fulger este de mai mulţi km, tensiunea poate ajunge la 30 miliarde V, intensitatea la 20 000 A, dar durata este foarte scurtă: o miime până la o zecime de secundă

Dacă doi nori încărcaţi cu electricităţi diferite se apropie destul de mult, între ei se produce o descărcare electrică: scânteia (fulgerul) însoţită de sgomot (tunetul).

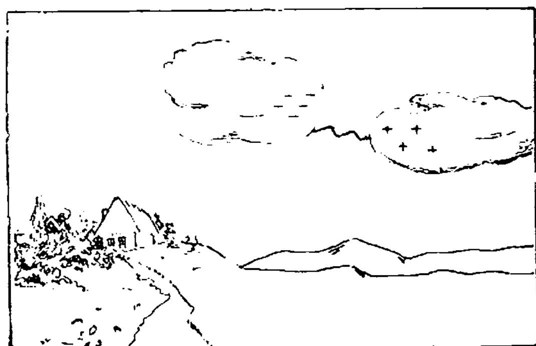


Fig. 150. — Fulger

Acesta se aude mai târziu dar scânteia şi sgomotul se produc în acelaşi timp. Cauza este că lumina călătoreşte cu o viteză foarte mare 300 000 km pe secundă, pe când sunetul cu abia 340 m/s.

De aceea vedem mai întâi fulgerul şi mai târziu auzim tunetul. Cum se produce trăsnetul ? Un nor încărcat cu electricitate trece destul de aproape deasupra unor obiecte dela suprafaţa pământului.

Prin influenţă se produce electrizarea obiectului şi, anume, în partea apropiată de nor se va produce o electrizare de sens contrariu aceleia a norului.

Dacă electrizarea este puternică are loc o descărcare: trăsnetul. El produce diferite distrugeri: clădiri sau copaci aprinşi, oameni omorîţi.

Apărarea clădirilor contra trăsnetului se face prin *paratrăsnete.* Ele se compun dintr'o vergea de metal, terminată cu un vârf ascuţit, care se fixează pe clădire.

Vergeaua se leagă cu pământul printr'o placă de aramă așezată adânc în pământ și, pe cât se poate, în loc umed.

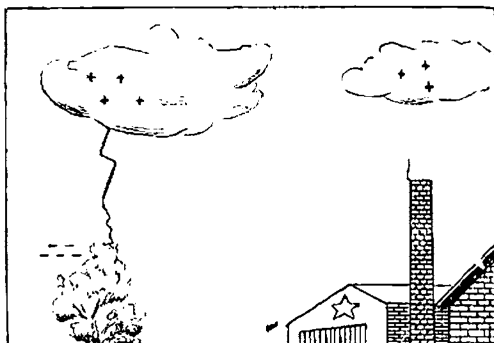


Fig. 151. — Trăsnet

La electrizarea clădirii prin influență, la trecerea unui nor încărcat cu electricitate, un fel de electricitate se va scurge

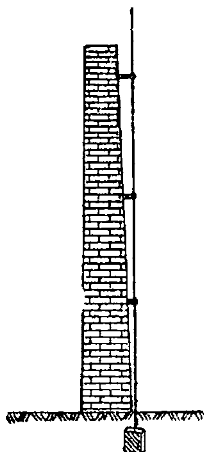


Fig. 152. — Paratrăsnet

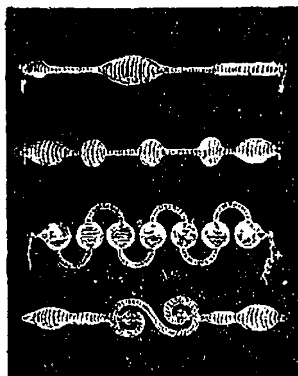


Fig. 153. — Tuburi luminoase

lent prin vârful ascuțit, iar cealaltă electricitate se va scurge în pământ. Deci clădirea își pierde electrizarea.

Dacă totuși se produce o descărcare între nor și clădire ea va lua drumul paratrăsnetului.

De aceea legătura cu pământul trebue să fie foarte bine făcută. Altfel paratrăsnetul pune casa în pericol.

Studiul electricităţil atmosferice este foarte important şi poate avea mari urmări în viitor.

De asemenea studii s'au ocupat mai mulţi învăţaţi ruşi. Astfel a fost Richman care a murit în 1753 făcând experienţe în timpul descărcărilor electrice.

Este interesant să ştim cum se făceau primele experienţe:

Se înălţa în timp de ploaie un smeu cu un vârf ascuţit de metal, ţinut cu o sfoară de mătase. Sfoara udată de ploaie devenea conducătoare. Electricitatea atmosferică se scurgea astfel şi putea fi constatată printr'o mică scânteie produsă la apropierea unui corp de metal.

Savantul rus Lomonosov a stabilit teoria electricităţii atmosferice.

99. **Descărcări electrice în tuburi.** Ne vom folosi în experienţele noastre de tuburi speciale, care au o parte gâtuită şi la a căror capete pătrund electrozi metalici.

Legăm aceşti electrozi la o sursă de curent electric, unul la polul pozitiv şi altul la polul negativ. Electrodul legat la polul pozitiv se numeşte *anod,* iar cel legat la polul negativ se numeşte *catod.* In fiecare tub este introdus câte un alt gaz.

Dacă aceste gaze sunt la presiune normală, se produc între

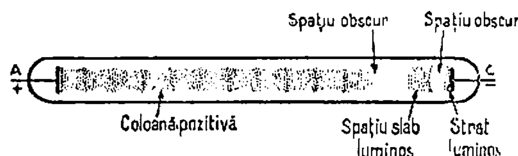


Fig. 154. — Descărcare în gaze la presiune redusă

electrozi descărcări prin scântei, în cazul când tensiunea aplicată este destul de mare spre a străpunge dielectricul. Să facem însă, treptat vidul, adică să absorbim cu o pompă gazul dinăuntru, rărindu-l. Fenomenul descărcării se schimbă încetul cu încetul. Când presiunea ajunge la vreo 10 mm, vom observa o bandă luminoasă în tub, a cărei coloare diferă după natura gazului introdus.

Dacă reducem presiunea la 2—3 mm în coloana de mercur, lumina se va întinde dela un electrod la celălalt. Observăm că

tensiunea între electrozi, pentru o distanță între ei de vreun decimetru, trebue să fie de vreo 1000 V; curentul care trece este foarte mic, de câțiva miliamperi. Deci, rezistența pe care o opune gazul, este mare. Dacă micșorăm presiunea mai mult, observăm în tub, începând dela catod, mai multe zone diferite, un strat subțire luminos, apoi un spațiu obscur, care se lungește dacă presiunea scade, urmează o regiune slab luminoasă, altă regiune obscură, și, în sfârșit, până la anod o coloană luminoasă (numită coloana pozitivă). Aceasta umple cea mai mare parte a tubului.

100. **Luminatul prin descărcări electrice.** Am văzut până acum că electricitatea ne pune la dispoziție două mijloace pentru luminat: lămpile cu fir incandescent și lămpile cu arc. Cel mai folosit este primul, care se bazează pe principiul următor: un filament este încălzit prin trecerea unui curent electric, la temperatură foarte înaltă, la care emite radiațiuni luminoase.

Pentru ca filamentul să nu ardă, este ferit de contactul cu oxigenul și este închis într'un glob de sticlă.

Dar descărcările în gaze ne dau și ele un mijloc de a produce lumină, care, după cum vom vedea, prezintă avantaje, din anumite puncte de vedere, față de lămpile cu fir incandescent.

Acestea au neajunsul că cea mai mare parte din energia electrică se consumă pentru a produce căldură, și numai o mică parte este transformată în lumină.

De aceea, de multă vreme, tehnicienii și cercetătorii științifici, au încercat să obțină „lumina rece", adică lumina care să nu fie însoțită de producerea de căldură.

101. **Tuburi luminoase.** O aplicație a descărcărilor în gaze, o găsim în tuburile luminoase, folosite mai mult pentru reclamă și pentru decorațiuni.

Tuburile, cu diametrul dela 10 la 45 mm, sunt umplute cu gaze diferite, după coloarea pe care dorim să o obținem.

In special se întrebuințează gazele rare: neon, pentru a obține coloarea roșie-portocalie; heliu pentru a obține coloarea roză-aurie; argon și mercur, sau helium și mercur, sau neon și mercur pentru a obține coloarea albastru-violacee.

Alte colori (verde, galben) se pot obține utilizând sticle care conțin anumite substanțe.

Intre electrozi se aplică o tensiune alternativă destul de

mare, de aproximativ 150—160 V pentru fiecare metru de tub, cu diametrul obişnuit (22 mm).

Deseori tuburile se fac de astfel de lungimi, ca tensiunea să nu treacă de 1000 V. Totuşi, dacă diametrii sunt mari şi lungimea mare, tensiunea necesară creşte. Nu se poate însă trece de 6000 V, căci tensiunea devine periculoasă. In punctele în care se folosesc asemenea tuburi, dacă se face un branşament dela reţeaua electrică a oraşului, tensiunea trebue ridicată, căci dela reţea nu se obţine decât 220 V maximum. Este nevoie în acest scop de un mic transformator.

Din cauza tensiunilor mari, folosite în asemenea instalaţii, se pot întâmpla accidente, dacă nu se iau măsurile tehnice prescrise de regulamente. Prin funcţionare tubul se încălzeşte la aproape 35°; electrozii se încălzesc până la 150°. Viaţa unei asemenea lămpi este de aproape 3000 ore de funcţionare. Efectul luminos la tuburile cu neon este de aproape 25 lumini pentru fiecare watt.

De obiceiu, asemenea tuburi luminoase sunt cunoscute sub numele de tuburi cu neon. Am văzut însă că, pe lângă neon, se mai folosesc şi alte gaze rare. Asemenea lămpi, se construesc şi cu alte gaze decât cu cele rare, şi anume: cu azot, pentru a obţine o coloraţie galben-roză. Bioxidul de carbon dă o coloraţie albă-albastră.

Tuburile luminoase cu astfel de gaze se fac cu diametrul mai mare, de 40—45 mm şi cu lungimi până la 50—60 m. Ele necesită însă tensiuni mult mai mari, peste 5000 V.

Asemenea tuburi luminoase se folosesc şi ca reclamă, dar mai ales pentru a încadra cu chenare luminoase clădirile mari, spre a obţine anumite efecte de arhitectură.

102. **Lămpi cu vapori metalici.** Ele sunt construite pe principiul descărcării electrice, într'un tub în care s'a introdus un metal lesne evaporabil ca zincul, rubidiul, cadmiul, potasiul, sodiul şi mercurul. In tehnică sunt folosite numai ultimele două, pentrucă lumina dată de ele corespunde mai bine utilizărilor practice.

Lampa cu sodiu se compune dintr'un tub, în interiorul căruia se găseşte altul, curbat în formă de U şi în care pătrund doi electrozi. In acesta se introduce o cantitate de sodiu, în tubul exterior este vid.

La aplicarea tensiunii între electrozi, sodiul nu este evaporat. Se produce însă o descărcare între un electrod și altul auxiliar, iar căldura degajată, evaporă sodiul. Atunci încep a se produce descărcări, dând o lumină galbenă. Lampa este în completă funcționare după câteva minute dela aplicarea ten-

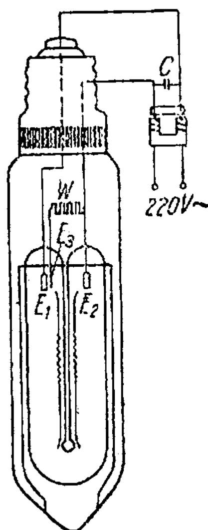


Fig. 155. — Lampă cu vapori de sodiu



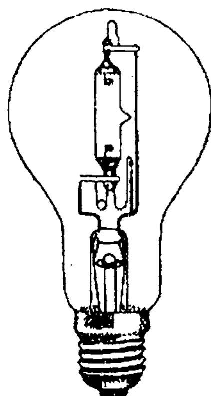


Fig. 156 a, b. — Lămpi cu vapori de mercur

siunii. In mod obișnuit, sunt folosite pentru curent alternativ la 220 V. Efectul lor luminos este de 45—60 lumeni pe watt. Asemenea lămpi sunt bune pentru luminatul străzilor, deoarece la lumina galbenă, conducătorul de vehicule vede mai accentuat obstacolele și alte vehicule (lumina galbenă străbate mai lesne prin ceață).

Lampa cu vapori de mercur. Globul lămpii conține un electrod din mercur, și unul dintr'un metal rezistent, tungsten, sau chiar grafit. Lumina dată este albastră-verzuie, foarte neplăcută. Corpurile luminate astfel iau un aspect ciudat față de aspectul lor obișnuit; în deosebi, fața oamenilor ia un aspect curios.

Lampa de cuarț. Se construesc lămpi cu vapori de mercur.

la care în loc de sticlă se foloseşte cuarţ, care permite ridicarea temperaturii foarte mult.

Radiaţiunile date de o asemenea lampă conţin foarte multe raze ultraviolete, care au întrebuinţare în medicină. Corpul expus la o asemenea lampă se bronzează, ca şi cum ar fi stat la soare.

Lămpi la mare presiune. S'a constatat că efectul luminos al lămpilor cu mercur este cu mult mai mare dacă vaporii sunt sub presiune.

O astfel de lampă se compune dintr'un tub, în care se produce descărcarea electrică, dintre doi electrozi ; în el se introduce un gaz şi mercur.

Se construesc lămpi cu presiune de 1—5 atmosfere, dar şi lămpi cu foarte mare presiune, care poate ajunge până la 20—30 atmosfere, în care cazuri tubul este de cuarţ sau de sticlă specială.

Lămpile cu vapori de mercur sunt folosite tot numai pentru luminatul străzilor sau pentru alte scopuri tehnice.

Efectul lor luminos este de 35—50 lumeni pe watt.

S'a constatat că dacă se amestecă lumina dela o lampă cu mercur cu lumina dată de o lampă cu incandescenţă, se obţine o lumină la fel cu cea a zilei. De aceea s'au construit lămpi, care conţin în acelaşi glob cele două feluri de lămpi.

In rezumat, lămpile de care ne-am ocupat, nu se bazează pe fenomenul incandescenţei, ci pe acel al descărcărilor în gaze. Ele se numesc *lămpi de emisiune* şi se caracterizează prin :

— mare eficacitate luminoasă ;

— dau lumină de o singură coloare, care se numeşte *lumină monocromatică,* spre deosebire de lumina zilei, care, se ştie, că se poate descompune în şapte colori, toate la un loc dând lumina albă.

Din această cauză, lămpile cu descărcare nu se folosesc pentru luminat în interior, ci numai pentru luminat în exterior, în special pentru străzi.

Lămpi de semnalizare. Aceste lămpi sunt construite ca lămpile cu descărcare, dintr'un amestec de neon şi heliu. Dau un flux luminos mic absorbind o foarte mică putere de 0,25—3 W. Ele se folosesc ca lămpi indicatoare, pe săli întunecoase, etc. Lumina lor licăreşte continuu.

103. **Lămpi pe baza luminiscenței.** Materiile luminiscente au proprietatea de-a emite raze luminoase atunci când sunt supuse la diferite radiațiuni neluminoase. Unele din aceste materii emit radiațiunile luminoase numai atâta timp cât sunt supuse radiațiunilor de mai sus. Aceasta se numește *fluorescență.*

Dacă emisiunea de lumină continuă și după ce au încetat radiațiunile la care au fost supuse, înseamnă că avem de a face cu corpuri *fosforescente.* Aceste materii sunt deci adevărați *transformatori de radiațiuni.*

Bazate pe această proprietate, s'au construit lămpi cu vapori de mercur, la presiune joasă și care funcționează pe principiul descărcării electrice. Globul lor este acoperit la exterior cu o materie fluorescentă; prin descărcarea electrică în vapori de mercur, se produc diferite radiațiuni, între care și raze ultraviolete, care, dând de substanțe fluorescente, sunt transformate în radiațiuni de lumină albă.

Lămpile bazate pe principiul luminiscenței au avantajul unui efect luminos mare și pe acela de a putea obține lumina de coloarea dorită, după felul materiei fluorescente. Pentru fiecare watt, efectul luminos obținut este de aproximativ 40 de lumeni, adică cu mult mai mare decât pentru lămpile cu incandescență. Asemenea lămpi, a căror utilizare se face de câțiva ani promit să ajungă un mijloc important de luminat pentru interiorul clădirilor.

104. **Razele catodice.** Să continuăm experiențele pe care le-am început cu tuburile din fig. 153. Rărind și mai mult aerul sau gazul, cu ajutorul unei pompe, vom reduce presiunea.

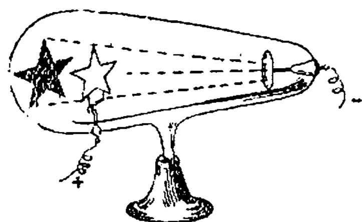


Fig. 157. — Razele catodice se propagă în linii drepte

Vom observa că partea luminoasă se restrânge și chiar dispare. Zona obscură, care la început era numai în apropiere de catod, a cuprins deci tot tubul. Se poate ajunge la o presiune egală cu a suta și chiar a mia parte dintr'un milimetru de mercur, dar, în acest caz, ca să se continue descăr-

carea electrică, trebue ca tensiunea aplicată electrozilor să fie de mai multe zeci de mii de volţi. Ce se mai întâmplă în tub? Vom face câteva încercări lămuritoare. Să introducem o placă metalică aşezată în faţa catodului şi tăiată în formă de stea.

Vom constata că pe peretele tubului de sticlă, îndărătul plăcii, apare umbra stelei. Aceasta dovedeşte că, dela catod pleacă *raze invizibile* care au fost numite *raze catodice.*

Apropiem un magnet şi constatăm că umbra se apropie sau se depărtează, după polul magnetului; razele sunt deci atrase sau respinse, ceea ce înseamnă că prin tub trece un curent electric, care este deviat de magnet. Să introducem în tub două plăci încărcate cu electricitate, una pozitiv şi alta negativ; constatăm de asemenea devierea razelor din tub.

Să aşezăm în interiorul tubului o morişcă uşoară de aluminiu, ea se va mişca.

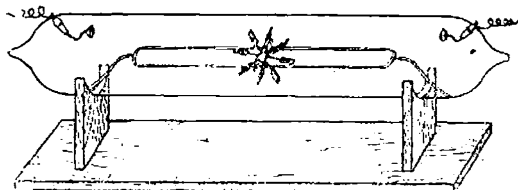


Fig. 158. — Razele catodice mişcă o morişcă

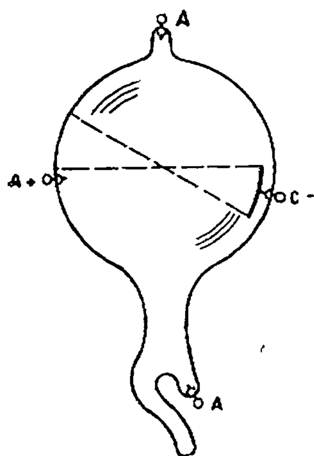


Fig. 159. — Emisiunea este normală pe suprafaţa catodului

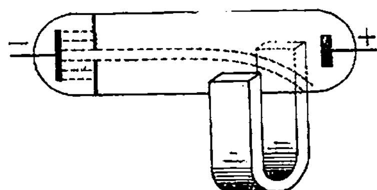


Fig. 160. — Razele catodice sunt deviate de un câmp magnetic

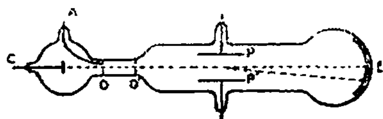


Fig. 161. — Razele catodice sunt deviate de un câmp electric

Deci razele invizibile trebue să fie formate din foarte mici particule în mişcare care, lovind paletele, produc învârtirea.

Asemenea experienţe şi altele au stabilit toate proprietăţile razelor catodice pe care le notăm şi noi mai jos :

1. Razele catodice pleacă dela catod perpendicular pe suprafaţa lui, oricare ar fi poziţia anodului.

2. Dacă întâlnesc un obstacol, îl bombardează şi produc încălzirea lui. Aşezând o foiţă subţire de platină în focarul unui catod concav, acesta se înroşeşte şi chiar se topeşte. Pereţele sticlei, pe care se proiectează mai îndelung aceste raze, se înmoaie şi chiar se poate distruge.

3. O rotiţă subţire, cu aripi, aşezată în drumul lor, se învârteşte.

4. Sunt deviate de un magnet, deci de un câmp magnetic.

5. Sunt deviate de două plăci legate la + şi la — ale unei surse de curent continuu, deci sunt deviate de un câmp electric.

6. Se transmit în linie dreaptă şi sunt oprite de obstacole.

7. Multe substanţe atinse de aceste radiaţiuni devin fluorescente, adică emit lumină.

8. Prinse într'un cilindru, un electroscop arată că radiaţiunile au o sarcină negativă.

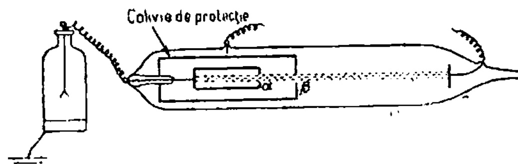


Fig. 162. — Razele catodice au o sarcină negativă

9. Viteza lor variază între 20 000 şi 250 000 km/s, depinzând de tensiunea aplicată.

10. Produc o serie de reacţiuni chimice : sticla care conţine plumb se înnegreşte, impresionează placa fotografică, etc.

Toate aceste rezultate conduc la concluzia că radiaţiunile catodice sunt formate din mici particule încărcate cu electricitate negativă ; aceste particule au fost numite *electroni*, ele poartă cea mai mică cantitate de electricitate negativă.

Masa unui electron este aproximativ a 1840-a parte din masa atomului cel mai uşor, hidrogenul, iar sarcina lui electrică este de 1,59×10— culombi.

Rezultatele de mai sus au foarte mare importanţă deoarece *electronul* este una din părţile care constituesc *materia*.

Razele catodice formate din electroni, pot fi scoase din tubul în care s'au produs în felul următor : se face o mică fereastră în tub şi se închide cu o lamă foarte subţire de aluminiu. Se constată că electronii o străbat şi ajung în aer, dar aici sunt repede opriţi din cauza ciocnirii lor cu moleculele gazoase.

105. **Oscilograful catodic.** In vecinătatea razelor catodice, să punem o bobină străbătută de un curent alternativ. Direcţia acestor raze va suferi o deviere mereu variabilă aşa cum este şi curentul. Dacă se înregistrează pe o placă fotografică aceste devieri, vom obţine forma curentului alternativ, care am văzut că este de obiceiu o curbă, numită sinusoidă. Acest aparat se

numeşte oscilograf catodic şi serveşte pentru a cerceta care este forma unui curent alternativ.

106. **Razele anodice.** Să facem în catodul, aşezat în faţa anodului, un mic orificiu şi să punem îndărătul catodului o placă fotografică. Vom constata că aceasta a fost impresionată.

De asemenea, se poate observa că unele substanţe aşezate acolo emit lumină. Deci, şi aici avem raze. Care este natura lor?

Ele sunt deviate de un câmp magnetic şi de un câmp electric. Dacă sunt captate într'un tub legat la un electroscop se dovedeşte că sunt formate din particule încărcate pozitiv.

Viteza particulelor este mai mică decât a particulelor de electricitate negativă care formează razele catodice.

Aceste raze au fost numite *anodice.*

Ele sunt formate din atomi încărcaţi pozitiv; asemenea atomi se numesc *ioni.*

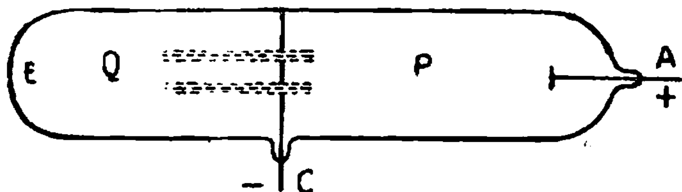


Fig. 163. — Producerea razelor anodice

107. **Razele X.** Razele catodice, când lovesc un obstacol, de exemplu sticla tubului în care sunt produse, produc o emisiune de alte radiaţiuni, care s'au numit X. Existenta lor s'a descoperit datorită faptului că impresionează placa fotografică aşezată în apropierea tubului şi că produc luminarea unei plăci de platinocianură de bariu (adică produc un fenomen de fluorescenţă).

Proprietăţile lor, înafara celor de mai sus, sunt următoarele:

1. Se propagă în linie dreaptă.

2. Străbat cele mai multe corpuri, tot aşa cum trece lumina prin sticlă, străbat chiar şi corpul omenesc; prin oase sufăr însă o anumită absorpţie. Metalele, cu cât sunt mai grele, sunt mai greu de străbătut. O lamă de plumb groasă de 2 cm le opreşte complet.

Absorpţia datorită peretelui de sticlă al tubului sau a hârtiei care acopere o placă fotografică este neînsemnată.

De aceea putem obţine lesne aceste raze înafara tubului.

3. Razele X nu sunt deviate nici de câmpul magnetic, nici de cel electric.

4. Ionizează aerul, adică îl descompune în particule încărcate cu electricitate.

5. Descarcă corpurile electrizate aflate în drumul lor.

Experienţele făcute au arătat că ele nu mai sunt constituite din părticele electrizate, cum sunt razele catodice sau cele anodice.

Aceste raze sunt de aceeaşi natură ca şi lumina şi anume sunt unde electromagnetice.

Dacă razele străbat un obiect care prezintă părţi cu grade diferite de absorpţie, părţile mai greu de străbătut vor apare negre pe un ecran fluorescent, sau pe o placă fotografică, iar cele mai lesne străbătute vor apare mai deschişe.

Pe această proprietate se bazează *radioscopia*, adică apariţia pe un ecran fluorescent a imaginii corpului, străbătut de razele X şi *radiografia* adică înregistrarea pe o placă fotografică.

Razele X, datorită acestei însuşiri, au căpătat o mare întrebuinţare în medicină pentru a se descoperi cu ajutorul lor, rupturi de oase, corpuri străine, răni interne, etc.

Dacă însă cad un timp mai îndelung pe ţesăturile unui organism viu, ele pot produce arsuri; de aceea cel care lucrează cu razele X trebue să ia măsuri de protecţie.

S'a mai constatat însă, că ţesuturile atinse de cancer sunt mai repede arse decât cele sănătoase; de aceea razele X se întrebuinţează şi în tratamentul cancerului.

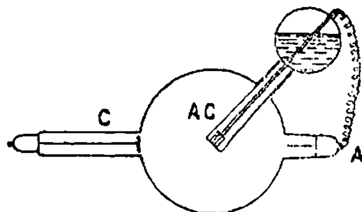


Fig. 164. — Producerea razelor X

Mai sunt folosite în metalurgie, pentru a se cerceta dacă un metal este omogen la sudură, pentru a căuta bule în metale turnate, etc.

Razele X se produc într'un tub de sticlă în care catodul este concav, iar în punctul de întâlnire al razelor catodice se găseşte o placă metalică, numită *anticatod*, legată cu anodul. Această placă bombardată de razele catodice emite raxe X. Deoarece se încălzeşte foarte mult de pe urma acestui bombardament, trebue să fie făcută dintr'un metal care se topeşte greu: platină şi tungsten şi în plus trebue să fie răcită cu apă.

Razele X au fost descoperite în anul 1895 şi au adus mari foloase omenirii.

Intrebări recapitulative

1. Aerul şi gazele sunt bune conducătoare de electricitate ?
2. Cum trece un curent electric prin aer ?
3. Expuneţi diferitele feluri de descărcări.
4. Firele electrice ale liniilor de înaltă tensiune se descarcă în aer?
5. Ce ştiţi despre electricitatea atmosferică ?
6. Explicaţi fulgerul. Explicaţi trăsnetul.
7. Ce mijloc de apărare avem contra trăsnetelor?
8. Ce condiţie esenţială trebue să îndeplinească paratrăsnetul ?

9. Comparaţi paratrăsnetul cu cuşca metalică despre care am vorbit la electrostatică.

10. Cum se numeşte tensiunea la care un corp este străbătut de o descărcare electrică ?

11. Vorbiţi despre descărcările în tuburi rarefiate.

12. Ce aplicaţii practice cunoaşteţi?

13. Câte mijloace electrice de luminat cunoaşteţi?

14. Ce este luminatul prin fluorescenţă?

15. Avantajele şi desavantajele fiecărui mijloc de luminat.

16. Ce este lumina rece?

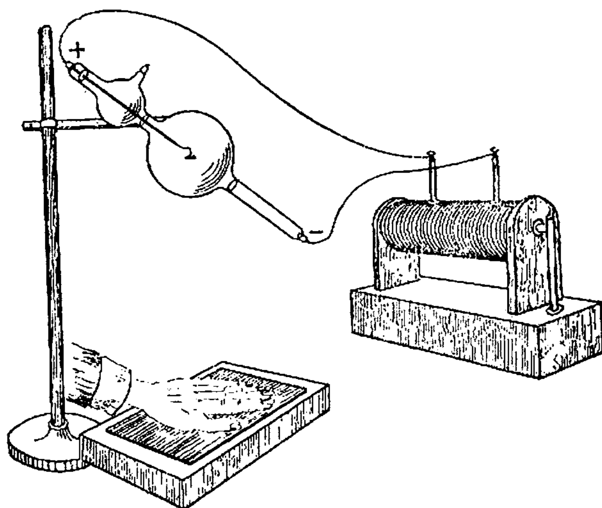


Fig. 165. — Radiografia mânii

17. Ce se întâmplă dacă într'un tub gazul este foarte rarefiat?

18. Din ce sunt compuse razele catodice?

19. Ce proprietăţi au?

20. Dar razele anodice din ce sunt compuse?

21. Ce proprietăţi au?

22. Cum se produc razele X?

23. Ce proprietăţi au?

24. La ce servesc?

25. Ce este radiografia? Dar radioscopia?

26. Ce este electronul? Ce mărime are? Ce încărcături electrice?

27. Ce sunt ionii ?

X. MAŞINI ELECTRICE DE CURENT ALTERNATIV

Generatoare, transformatoare şi motoare electrice

108. Generatoare electrice de curent alternativ. Până acum am studiat ca surse de curent electric elementele galvanice şi acumulatoarele.

Dar acestea nu sunt capabile să producă cantităţi mari de curent, iar preţul cu care se obţine curentul pe această cale este scump.

Prin urmare nu poate fi vorba de a satisface marile cerinţe de electricitate prin asemenea izvoare.

Am mai studiat fenomenul inducţiei şi am constatat că şi prin el se poate produce energie electrică.

Vom vedea mai departe că:

Toate maşinile electrice sunt bazate pe fenomenul inducţiei.

Generatoarele de curent alternativ, denumite şi *alternatoare* sunt maşinile care produc curent alternativ.

Am văzut când am studiat curenţii alternativi, că ei pot fi obţinuţi prin învârtirea uneia sau mai multor spire într'un câmp magnetic produs de electromagneţi.

Acesta este principiul pe baza căruia sunt construite alternatoarele.

In fabricarea acestor maşini, s'a constatat însă că este mai simplu să se învârtească electromagneţii, iar spirele să stea pe loc.

Acest lucru nu schimbă principiul de funcţionare.

Electromagneţii învârtindu-se, fluxul magnetic produs de ei, adică liniile de forţă, va tăia conductorii şi în felul acesta, în conductori, se vor produce forţe electromotoare de inducţie.

Fig. 166 a, b arată cel mai simplu alternator care se poate închipui.

Un electromagnet se învârteşte în interiorul unui inel de fier. Inelul are două crestături, faţă în faţă, deci la 180° una de alta, şi în fiecare se găseşte câte un conductor.

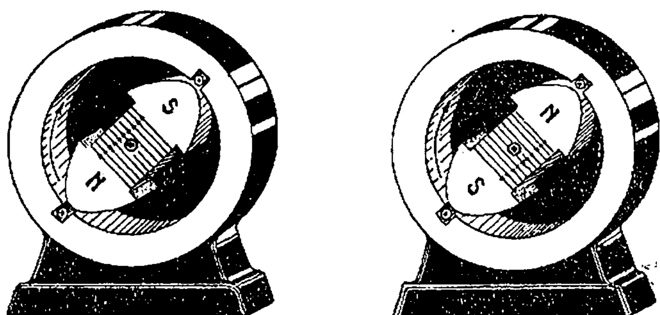


Fig. 166 a, b. — Alternator cu doi poli

In învârtirea electromagnetului, polii Nord şi Sud, vor trece pe rând prin faţa celor doi conductori.

Când polul Nord este în dreptul conductorului *1*, se produce în el o forţă electromotoare cu sensul din fig. 167; în acelaşi timp, polul Sud este în dreptul conductorului *2* şi în el ia naştere o forţă electromotoare care are sensul din figură, adică este opus forţei electromotoare din *1*.

Când, prin învârtire, polul Nord ajunge în dreptul conductorului *2*, iar polul Sud în dreptul conductorului *1*, sensul forţei electromotoare se schimbă după cum se arată în figură.

Trecerea dela un sens la altul al forţei electromotoare în fiecare conductor se face treptat, aşa cum am văzut în capitolul precedent.

Dacă unim între ele capetele din faţă ale celor doi conductori şi capetele dindărăt între ele, obţinem o spiră închisă în care cele două forţe electromotoare sunt în serie şi deci se adună producând un curent alternativ, deoarece şi forţa electromotoare care-l produce este alternativă.

Desfacem spira şi să legăm capetele ei la două cleme fixate pe inel, bornele maşinii.

La aceste borne vom putea lega orice circuit exterior şi în el va circula un curent alternativ.

Iată deci că am obţinut cel mai simplu generator de curent alternativ.

Vom descrie mai departe cum este construit un alternator,

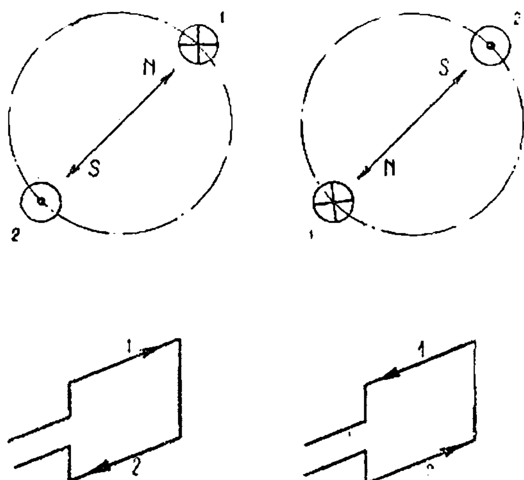


Fig. 167. — In spira alternatorului sensul curentului se schimbă după o jumătate de rotaţie

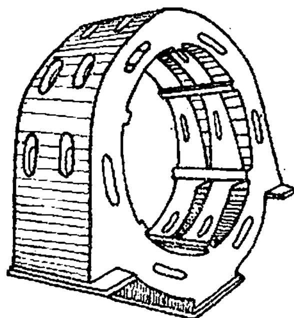


Fig. 168. — Carcasa este scheletul unei maşini

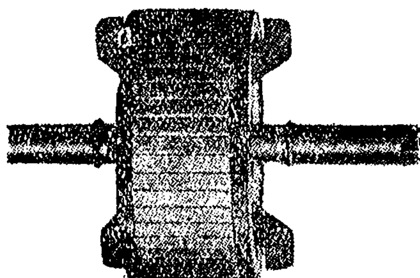


Fig. 169. — Inductorul unui alternator

dintre cele folosite în centralele electrice şi care este mai complicat decât cel de mai sus.

Se compune dintr'un inel lat de fier care pe fața dinăuntru este crestat la egală distanță.

Inafară, are un schelet de fontă sau de oțel, numită carcasă, în care este bine prins.

Carcasa este solid fixată de fundația mașinii.

In crestăturile inelului sunt introduși conductori electrici izolați, legați între ei, după anumite reguli, formând spire. Inelul poartă numele de *indus* pentrucă în spirele formate din conductorii lui ia naștere curentul indus. Se mai numește și *stator* pentrucă stă pe loc.

Prin mijlocul golului inelului trece un arbore, susținut de paliere (lagăre), în care se învârtește. Pe arbore este împănată o roată pe care sunt fixați electromagneții, întotdeauna perechi, unul fiind pol Nord, iar altul pol Sud.

Roata cu electromagneții se numește *inductor* pentrucă produce câmpul și liniile de forță.

Inductorul se mai numește și *rotor* din cauză că el este partea mașinii care se rotește.

Pentru a produce linii de forță electromagneții inductorului trebue să fie alimentați cu curent continuu.

Curentul poate fi produs de o sursă separată; dar de obiceiu, sursa este un mic generator de curent continuu (mașină asemănătoare cu alternatorul și pe care o vom descrie mai departe) care este învârtit tot de arborele alternatorului.

Acest mic generator se numește *excitator*, iar curentul produs, *curent de excitație*.

Cum primesc electromagneții curentul, căci ei se învârtesc?

Cele două capete ale înfășurării sunt legate la două inele de metal, fixate pe arbore, și care deci se învârtesc odată cu inductorul.

Pe fiecare inel apasă câte o bucată de metal sau cărbune, numite *perii*, ținute de suporți ficși.

Curentul continuu este adus la aceste perii, prin conductori; prin inele ajunge apoi la bobinele electromagneților.

Intensitatea curentului de excitație poate fi mărită sau micșorată cu ajutorul unui reostat și în felul acesta se poate varia fluxul produs de electromagneți. Sporirea fluxului produce mărirea forței electromotoare induse, iar micșorarea fluxului produce scăderea forței electromotoare induse.

Forța electromotoare se poate calcula cu formula:

$$E = kN \Phi f,$$

în care:

E este forța electromotoare produsă;
k este un coeficient care diferă dela un fel de mașină la altul;
N este numărul conductorilor așezați pe indus;
Φ este fluxul produs de un pol;
f este frecvența curentului.

Câți electromagneți poate avea un alternator? Doi sau mai mulți; dar întotdeauna un număr pereche, căci pe inductor trebue să urmeze un pol Nord apoi altul Sud, iar Nord și Sud și așa mai departe.

Am arătat că în crestăturile indusului sunt așezați conductori care sunt legați între ei, formând spire. Mai multe spire alăturate poartă numele de *bobină.*

Bobinele sunt legate în serie, iar cele două capete sunt prinse la bornele alternatorului.

Totalitatea bobinelor se numește *înfășurarea* alternatorului.

Conductorii sunt de cupru și izolați de obiceiu cu fire de bumbac. Crestăturile se îmbracă și ele cu un izolant, mai adesea carton.

Realizarea unei bune izolații are foarte mare importanță și



Fig. 170. — Indusul unui alternator

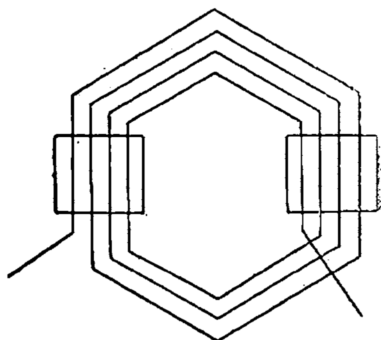


Fig. 171. — Bobină de indus

de aceea se pune mare grijă ca firele să nu ajungă în contact direct între ele sau între ele și părțile de fier ale mașinii.

Dacă alternatorul produce un singur curent, *alternator monofazat,* indusul are o singură înfășurare.

Dacă produce doi curenți, *alternator bifazat*, are două înfășurări și în sfârșit dacă produce trei curenți, *alternator trifazat*, are trei înfășurări.

Acesta este cazul cel mai obișnuit.

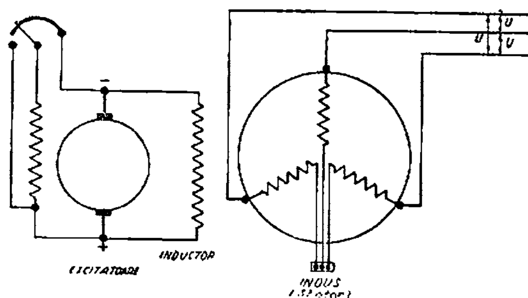


Fig. 172. — Legarea în stea a înfășurărilor unui alternator trifazat

Am arătat, la curentul trifazat că cele trei înfășurări se leagă fie în triunghiu fie în stea și că din această cauză alternatorul are numai trei borne dela care pleacă cei trei curenți.

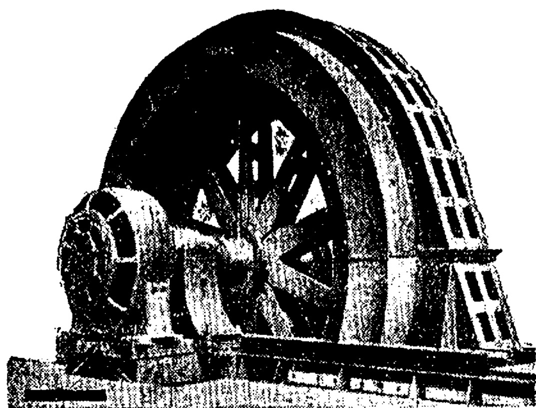


Fig. 173. — Alternator trifazat

Și înfășurările alternatoarelor bifazați se leagă între ele, astfel că și această mașină are numai trei borne.

La producerea curentului alternativ, frecvenţa f, este numărul de învârtiri pe minut n şi p numărul perechilor de poli sunt legaţi prin relaţia:

$$f = \frac{p\,n}{60}$$

sau putem să scriem:

$$n = \frac{f \times 60}{p}$$

deoarece de obiceiu frecvenţa $f = 50$

$$n = \frac{60 \times 50}{p} = \frac{3000}{p}.$$

Dar p poate fi 1, 2, 3, 4, şi aşa mai departe.

Pentru diferiţi p obţinem diferiţi n după cum se vede mai jos:

p	1	2	3	4	5	6	8	10	12	16	20	24	32	40
n	3000	1500	1000	750	600	500	375	300	250	188	150	125	94	75

Ce rezultă? Că un alternator nu poate fi învârtit cu orice viteză, ci numai cu o anumită viteză care depinde de numărul polilor.

Altfel frecvenţa nu mai este 50 perioade pe secundă.

Numărul învârtiturilor pe minut ale unui alternator pentru a obţine un curent de o anumită frecvenţă, se numeşte viteză de sincronism

De aceea se spune că alternatorul este un *generator sincron.*

Deci un alternator nu poate fi învârtit cu orice viteză, ci numai cu aceea care rezultă din formula de mai sus.

Arborele alternatorului este învârtit de un motor: maşină cu abur, turbină cu abur, motor Diesel, turbină cu apă sau chiar de un motor electric.

Toate acestea trebue să se învârtească cu viteza pentru care este construit alternatorul şi mai trebue ca această viteză să fie menţinută cât se poate de constantă.

Numai în felul acesta alternatorul va funcţiona bine şi va da un curent de frecvenţă aleasă.

Dacă între bornele alternatorului se leagă din ce în ce mai multe receptoare, în derivații, el va trebui să dea un curent din ce în ce mai mare și deci și puterea produsă

$$P = UI \cos \varphi,$$

va fi din ce în ce mai mare.

In același timp însă se va constata că motorul „trage" mai greu ca și cum alternatorul s'ar înfrâna din ce în ce mai mult.

Pentru ca motorul să continue să meargă trebue să i se

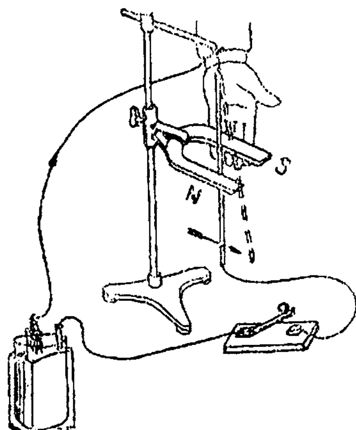


Fig. 174. — Acțiunea între un curent electric și un magnet

dea posibilitatea să desvolte o putere mai mare: deschizând mai mult robinetele de abur, dacă motorul este mașină sau turbină cu abur, deschizând mai mult robinetele de apă, dacă este turbină de apă și așa mai departe.

De unde vine această frânare a alternatorului?

In indus se produce un curent prin variația fluxului produs de inductor. Dar ne amintim că între un curent electric și un magnet aflat în apropiere se produce o forță.

Și aici se va întâmpla la fel. Se vor produce forțe între curenții induși și electromagneții inductorului care se vor opune mișcării acestuia, îl vor înfrâna.

Ca să fie învinsă această înfrânare, motorul trebue să desvolte o putere mai mare.

Dacă nu ar fi fost frânarea s'ar fi putut produce putere și

energie electrică în cantitate foarte mare, cheltuind prin motor putere şi energie mecanică foarte mică, (numai aceea necesară ca să învingă frecarea arborelui în lagărele lui). Cu alte cuvinte s'ar fi produs energie electrică din nimic sau aproape din nimic.

Constatăm însă că un asemenea lucru nu este posibil.

Deci, încă odată, verificăm că energia nu poate să apară din nimic, că pentru a produce o formă de energie (electrică) trebue să se cheltuească altă formă de energie (mecanică).

Acesta este principiul conservării energiei care îşi are şi aici aplicarea. Să mai cercetăm un lucru: puterea utilă P_u, dată de alternator este mai mică decât puterea absorbită P_a, adică primită dela motor.

Raportul între puterea utilă dată şi puterea absorbită sau primită se numeşte randament şi se înseamnă cu η (litera grecească numită „eta").

Deci:

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}.$$

Randamentul alternatoarelor variază între 0,85 şi 0,96 după mărimea alternatorului.

Prin urmare un alternator dă numai 0,85—0,96 din puterea absorbită, adică numai o parte.

A dispărut restul de putere primită?

Nu, căci energia nu se distruge. Restul s'a consumat în diferite acţiuni şi anume: să învingă frecarea arborelui în paliere, prin încălzirea sârmelor înfăşurărilor, prin încălzirea pieselor de fier datorită curenţilor induşi în ele, etc.

Puterea şi energia cheltuită pentru aceste scopuri trebue să le socotim *pierdute*.

Prin mai bună execuţie a maşinilor şi prin diferite îmbunătăţiri în fabricaţie, se caută să se reducă pierderile cât mai mult şi să se obţină alternatoare cu randament cât mai mare.

Fiecare alternator se construeşte pentru o anumită tensiune maximă şi pentru un curent maxim pe care-l poate produce.

De exemplu, dacă un alternator monofazat, produce un curent maxim de 100 A la 380 V puterea aparentă va fi:
380 $\times$ 100 = 38 000 VA (se citeşte voltamperi) sau 38 kVA (se citeşte kilovoltamperi).

Pentru a obţine puterea reală în W sau kW, trebue să înmulţim produsul de mai sus, adică puterea aparentă cu cos φ. Acest cos φ variază, cum am arătat, după felul receptoarelor, (rezistenţe sau bobine) 'care sunt legate la bornele alternatoarelor.

De aceea cos φ nu-l putem şti dela început. Dacă curentul electric alimentează numai lămpi, cos φ ajunge 1, dacă alimentează multe motoare mici scade foarte mult la 0,6—0,7.

In cazul alternatoarelor care produc curent electric pentru oraşe, s'a constatat că cos φ de obiceiu este de aproximativ 0,8.

In exemplul de mai sus puterea reală, dată de alternator, va fi deci:

$$P = 38 \times 0,8 = 30,4 \text{ kW}.$$

Să ţinem deci minte că la un alternator avem o putere aparentă şi una reală. Aceasta se întâmplă de altfel cu toate maşinile de curent alternativ. Puterea corespunzătoare este *puterea aparentă a alternatorului.*

Alternatorul cel mai mare care a fost construit are o putere de 200 000 kW. In mod obişnuit alternatoarele sunt construite numai pentru următoarele tensiuni maxime, între două faze: 220 V, 380 V, 3000 V, 10 000 V şi 15 000 V.

In timpul funcţionării, tensiunea alternatorului trebue să rămână cât se poate de constantă. Dacă tensiunea ar varia, lumina ar juca, iar motoarele ar merge neregulat.

Menţinerea tensiunii constante se face prin variaţia curentului de excitaţie cu ajutorul unui aparat numit *regulator rapid de tensiune.*

In sfârşit, după cum am văzut, viteza unui alternator trebue să fie şi ea menţinută constantă pentru a avea o frecvenţă constantă.

In acest scop acţionează *regulatorul motorului,* care învârteşte alternatorul.

Am văzut că în alternator se produc pierderi de energie electrică; acestea se transformă în căldură prin efectul Joule-Lenz $(R\,I^2t)$. Treptat deci, cu funcţionarea maşinii, se încălzeşte, dar totodată pierde căldura prin ventilaţie, etc. In felul acesta

pentru fiecare putere dată de mașină ea ajunge la o anumită temperatură.

Incălzirea unei mașini electrice are foarte mare importanță, căci dacă temperatura este prea mare, înfășurările se pot arde. De aceea puterea unei mașini este limitată de încălzirea ei.

Lucrurile se întâmplă la fel și unui om. Oboseala se arată prin încălzire. Și la mașini, oboseala se arată tot prin încălzire.

In uzinele electrice mai mari, curentul alternativ este produs de două sau mai multe alternatoare legate în paralel.

Conductele din uzină la care sunt legate bornele alternatoarelor, se numesc *barele generale ale uzinii.*

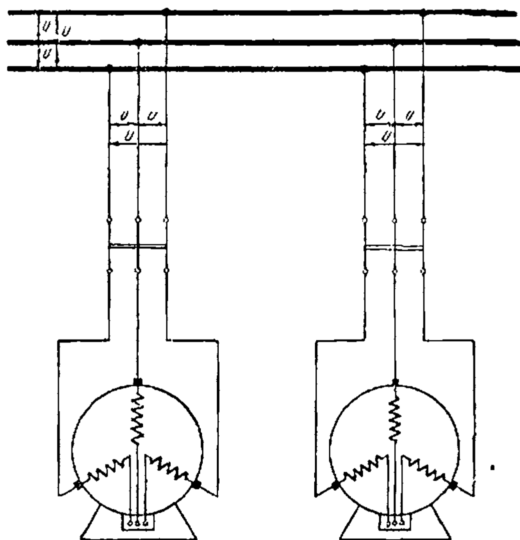


Fig. 175. — Alternatoare legate în paralel la bare

Toate datele caracteristice ale oricărei mașini electrice sunt imprimate pe o placă de metal fixată pe stator.

Această placă este actul de identitate al mașinii.

Alternatoarele sunt mașini de foarte mare importanță pentru producerea energiei electrice.

Toate centralele electrice mai mari produc curent alternativ

Curentul continuu este produs numai de centrale mici sau pentru anumite scopuri, unde este mai bun decât cel alternativ.

109. **Transformatoarele electrice.** Curentul electric poate să fie folosit în apropierea maşinilor care-l produc dar poate fi folosit şi în locuri aflate la mai mare distanţă, ceea ce se întâmplă în mod obişnuit.

In cazul când curentul este dus la mare distanţă, prin conducte, se produc pierderi importante prin efect caloric şi ştim că acestea se stabilesc prin formula:

$$W = I^2 R\, t.$$

Avem interesul deci ca prin conducte să treacă un curent cât mai mic, căci atunci şi pierderile

$$I^2 R\, t$$

vor fi mai mici.

Puterea dată de un alternator şi care trebue să ajungă la receptoare este dată de formula:

$$P = UI\cos\varphi.$$

Se recunoaşte că, dacă vrem ca I să fie mic va rezulta U mare. Dar am arătat mai înainte că alternatoarele se construesc pentru tensiunea maximă de 15 000 V.

Ce este de făcut? Trebue să se instaleze în circuitul electric, după un alternator, un aparat care să ridice tensiunea şi deci să reducă curentul cât este necesar.

La locul de utilizare a curentului va trebui instalat în circuit un aparat care să reducă tensiunea şi deci să mărească curentul, căci aparatele pe care le folosim nu pot fi construite pentru tensiuni înalte.

Acest aparat este *transformatorul electric.*

El se bazează pe fenomenul inducţiei mutuale.

In experienţa arătată în fig. 120 a, b, am produs în circuitul *II* un curent prin variaţia curentului în circuitul *I*.

In loc de a produce variaţia curentului în *I* prin închiderea şi deschiderea întrerupătorului vom introduce dela început în *I* un curent alternativ (fig. 176).

Şi în acest caz se va induce în *II* o forţă electromotoare şi un curent.

Curentul din bobina *I* produce un flux adică linii de forţă, dar un flux variabil căci şi curentul este variabil.

Liniile de forţă urmează un circuit, după cum ştim dela cap. V, prin miezul de fier; foarte puţin şi prin afara miezului.

Spirele bobinei *II*, care sunt înfăşurate pe acelaşi miez, vor fi deci străbătute de acest flux variabil.

Urmarea: In *II* se va induce o forţă electromotoare iar, dacă închidem circuitul *II*, forţa electromotoare indusă va da naştere unui curent electric.

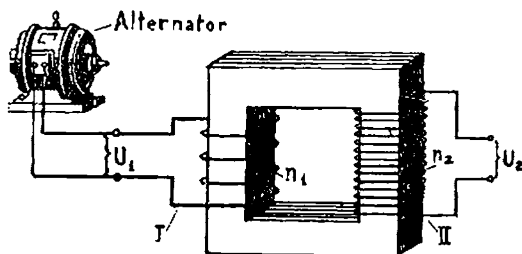


Fig. 176. — Schema unui transformator (monofazat)

Raport de transformare:

Să notăm cu: U_1 tensiunea aplicată primului circuit, pe care-l vom numi primar.

U_2 tensiunea la bornele celui de al doilea circuit pe care-l vom numi secundar.

n_1 şi n_2 spirele circuitului primar şi ale circuitului secundar.

Se constată că dacă numărul de spire al secundarului este de exemplu de 10 ori mai mare decât al primarului n_1, tensiunea secundarului U_2 este şi ea de 10 ori mai mare decât a primarului. Acest lucru se poate scrie simplu astfel :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1} .$$

$\frac{n_2}{n_1} = K$ şi îl numim raportul de *transformare al transformatorului.*

Prin urmare tensiunea secundarului unui transformator este față de tensiunea primarului în același raport ca numărul spirelor secundarului față de numărul spirelor primarului.
Acesta este raportul de transformare.

Să cercetăm în ce raport stau intensitățile curenților? In cazul nostru, dacă tensiunea secundarului a devenit de zece

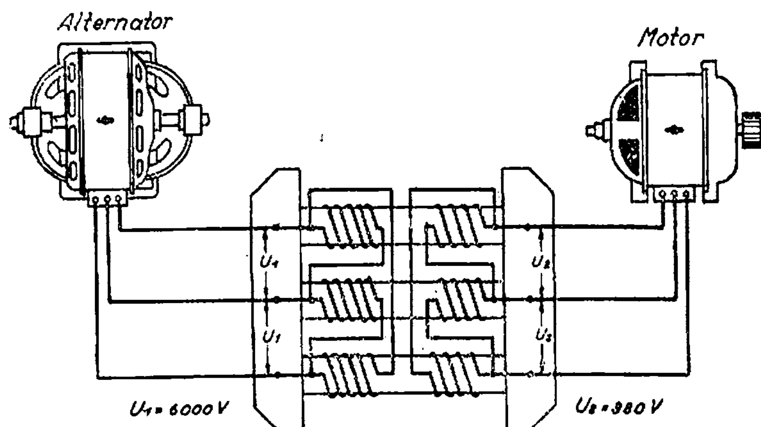


Fig. 177. — Schema unui transformator (trifazat)

ori mai mare, intensitatea secundarului I_2 trebue să fie de zece ori mai mică decât intensitatea primarului I_1.

In felul acesta produsul:

$U_2\ I_2$ rămâne egal cu $U_1\ I_1$,

dar acest produs este puterea care se transmite prin transformator și care trebue să rămână neschimbată, fie că este calculată cu tensiunea și intensitatea primarului, fie că este calculată cu tensiunea și intensitatea secundarului.

Dacă nu am avea această egalitate ar însemna sau că se creează energie din nimic (dacă $U_2\ I_2$ este mai mare decât $U_1\ I_1$) sau se distruge energie (dacă $U_2 I_2$ este mai mic decât $U_1 I_1$).

Niciuna din aceste presupuneri nu se pot întâmpla căci ar fi o abatere dela principiul conservării energiei.

Deci putem scrie:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1}.$$

Intensitatea curentului în primar este față de intensitatea în secundar în acelaşi raport ca tensiunea secundarului față de tensiunea primarului

In realitate $U_2 I_2$ este puţin mai mic decât $U_1 I_1$ deoarece şi în transformator sunt unele pierderi de energie, de exemplu: prin încălzirea spirelor şi miezului de fier.

Vom descrie cum sunt construite transformatoarele întrebuințate în practică şi anume aceea pentru curenți trifazați, cei mai des folosiți.

Ele sunt compuse dintr'o ramă de fier cu trei stâlpi verticali. Pe fiecare din aceştia se înfăşoară bobinele primare şi cele secundare ale fiecărei faze.

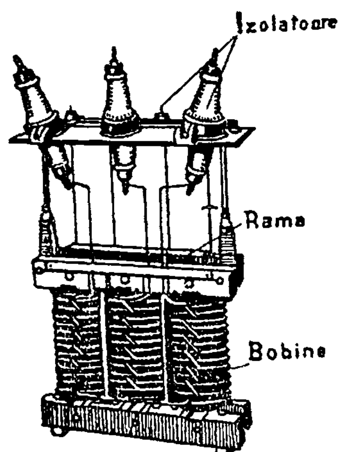


Fig. 178. — Sâmburii şi înfăşurările transformatorului


Fig. 179. — Bobină de transformator

Cele trei înfăşurări (bobine) ale primarului se leagă ca şi înfăşurările unui alternator trifazat în stea sau în triunghiu, astfel că rămân numai trei capete care constitue cele trei borne.

La fel cu secundarul.

Transformatorul astfel construit este pus într'o cutie, numită *cuvă*. Pe capacul cuvei sunt fixați şase izolatori de porțelan, prin care trece câte o vergea de cupru.

La capătul de jos al fiecărei vergele, se leagă câte un capăt al înfăşurărilor; iar la capătul de sus e leagă conductorii care vin şi care pleacă dela transformator.

Rama de fier a transformatorului este făcută din table de oțel special şi anume care conține siliciu.

Pentru toate maşinile electrice se întrebuințează asemenea table silicioase.

Grosimea lor în cazul transformatoarelor este de 0,35 mm. Ele sunt izolate cu un lac sau prin lipire de hârtie. Tablele astfel preparate sunt tăiate la mărimi potrivite şi aşezate unele pes-

te altele formând pachete de grosimea necesară. Pachetele se strâng bine cu chingi sau buloane.

Fabricația ramei de fier în felul acesta este necesară din cauză că prin inducție se produc curenți și în părțile mașinii.

Prin împărțirea grosimii în foi subțiri, curenții induși se reduc și deci și pierderile Joule-Lenz (RI^2t).

Sârma bobinajelor este de obiceiu de cupru (rar de aluminiu), bine izolată cu fir de bumbac. Bobinele secundarului și primarului se pot face din spire suprapuse. Intre bobine se pun diferiți izolanți; mai ales carton special (prespan).

Cuva transformatorului se umple cu uleiu mineral special.

Ce rol are acesta? Am arătat că în transformatoare se produce o încălzire odată cu trecerea curenților prin bobinele primarului și secundarului și prin curenți de inducție prin rama de fier.

Uleiul are rolul de a le răci. El mai este și un bun izolant; în cazul când, din cauza unui defect, s'ar produce o scânteie în transformator uleiul o înăbușe.

Obținerea unei bune răciri a transformatoarelor are o mare importanță. Fiind un aparat nemișcător se răcește mai greu. De aceea, la unele transformatoare mari, trebue mijloace speciale pentru a răci uleiul: curent de apă rece care trece prin uleiu, etc.

Un transformator, chiar dacă este mic, trebue uneori răcit special, anume atunci când este într'o cameră închisă. Astfel este cazul cu transformatoarele care sunt așezate în camere subterane și la care primenirea aerului trebue să se facă cu un ventilator.

Transformatoarele se construesc pentru diferite tensiuni. Transformările mai obișnuite: 6 000/380 V; 6 000/220 V; 6 000/15 000 V; 6000/30 000 V; 6 000/60 000 V; 6000/110 000 V; 6000/220 000 V; 6000/380 000 V, etc.

Randamentul transformatoarelor, adică raportul între puterea dată de secundar și cea absorbită de primar:

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

este foarte mare; variază după mărimea transformatorului dela 0,93 la 0,98. Unitățile mai mari au randament mai mare.

Şi puterea transformatorului se exprimă prin puterea lui aparentă, dată de secundar

$$P = U_2 I_2$$

Transformatoarele sunt aparate care nu au piese mişcătoare, de aceea sunt foarte robuste. Nu cer nici o manevră, astfel că pot funcţiona fără a fi continuu supraveghiate.

Ele se instalează la uzine pentru a ridica tensiunea curentului care trebue transmis.

Se aşază în camere închise, dar se construesc şi transformatoare care pot sta în aer liber, adică expuse la ploi şi ninsoare.

Aproape de locul de folosire a curentului se instalează coborîtori de tensiune.

Ei se pun în camere subterane, în camere de zid la suprafaţa pământului sau, în aer liber.

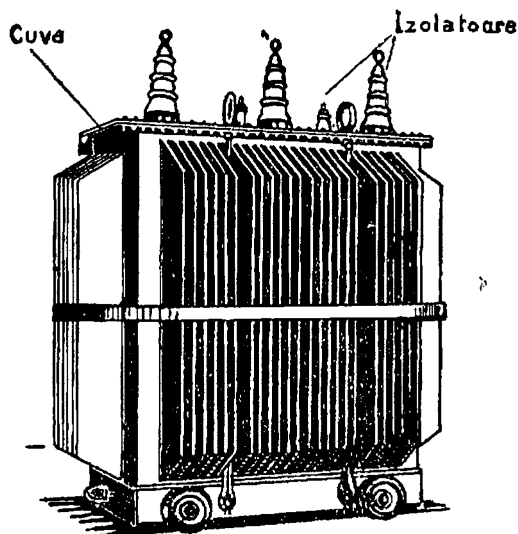


Fig. 180. — Transformator

Instalaţia care cuprinde transformatoarele şi aparatele anexe se numeşte *staţie de transformare*, iar dacă este mai mică se numeşte *post de transformare*.

Problema transformatoarelor lucrând în condiții speciale, folosite în rețelele de distribuție și alimentare a orașelor a fost studiată în U.R.S.S. de inginerul Tobin E.

Anume s'au studiat comportarea transformatoarelor și durata admisibilă lucrând în suprasarcină, plecând dela o temperatură cunoscută a uleiului și a aerului.

110. **Motoarele electrice.** Motoarele electrice sunt mașini care transformă energia electrică în energie mecanică.

Am învățat despre diferite alte motoare.

Motoarele cu ardere internă, adică motoarele cu explozie și motoarele Diesel, transformă energia combustibililor.

Motoarele cu vapori, adică mașinile cu piston și turbinele, transformă energia aburilor.

Motoarele hidraulice, adică turbinele de apă, transformă energia apelor.

Motorul electric este mai simplu și mai ușor de folosit decât oricare dintre acestea.

De aceea este foarte răspândit. Pe ce principiu se bazează?

Ne amintim de experiența dela cap. V. Am constatat atunci că un curent electric aflat într'un câmp magnetic este supus unei forțe. Dacă partea prin care circulă curentul sau partea care produce câmpul magnetic se pot învârti, forța va produce miscarea. Pe acest fenomen se bazează toate motoarele.

Ne dăm seama că între un generator de curent și un motor nu pot să fie deosebiri de construcție ci numai în privința modului de funcționare:

Un generator primește energia mecanică a motorului și o transformă în energie electrică, iar motorul electric primește curentul adică energ'a electrică și o transformă în lucru mecanic

Să cercetăm realizările practice.

111. **Motorul sincron.** Cunoaștem din lecțiile trecute alternatorul trifazat sincron. El poate fi foarte simplu, schimbat în motor: vom trimite un curent trifizat în stator și am realizat condițiile mai sus arătate, adică, prin înfășurările statorului trec curenți care se găsesc în vecinătatea fluxului, deci a câmpului, produs de inductoare.

Intre curenți și electromagneți se nasc forțe. Deoarece conductorii sunt fixați, de stator, iar acesta prins de fundație nu se va mișca.

Se va pune însă în mişcare rotorul al cărui arbore poate învârti diferite maşini.

Pe când la alternatoare, rotorul era el învârtit, la motor el învârteşte.

Ca şi alternatorul sincron, motorul sincron se învârteşte numai la o anumită viteză.

De aceea el nu poate porni singur. Trebue să fie pornit cu alt motor sau prin alte mijloace speciale şi adus la viteza de sincronism.

Atunci înfăşurările statorului se leagă cu sursa de curent trifazat şi motorul va funcţiona. Această maşină nu este prea des întâlnită, ea are numai întrebuinţări speciale.

Să nu uităm: *motorul sincron primeşte curent alternativ dar are nevoie şi de curent continuu pentru electromagneţii inductorului.*

112. **Motorul trifazat de inducţie.** Motorul trifazat de inducţie este cel mai răspândit motor electric.

Şi el este compus dintr'un stator care este construit la fel ca un stator de alternator şi un rotor, care este un cilindru cu crestături pe margine.

Pe stator este o înfăşurare de bobine la fel cu acelea care le au alternatoarele sau motoarele sincrone.

Rotorul are şi el o înfăşurare asemănătoare.

Infăşurarea statorului se leagă la o sursă de curent trifazat.

Infăşurarea roturului este legată în scurt-circuit adică capetele celor trei faze sunt legate între ele.

Uneori înfăşurarea se compune din mai multe bare de cupru introduse în crestături şi ale căror capete sunt legate la două cercuri. Această înfăşurare simplă se numeşte: *colivie de veveriţă.*

Prin urmare, acest motor se deosebeşte cu totul de motorul sincron prin aceea că nu are nevoie şi de o sursă de curent continuu.

Deci este un motor de o construcţie mult mai simplă.

Cum funcţionează un astfel de motor?

Pe principiul *câmpului magnetic învârtitor.*

Pentru a-l explica să presupunem un magnet în formă de potcoavă care se învârteşte în jurul axului.

In golul magnetului vom avea linii de forță care au direcția Nord-Sud. Dar această direcție se învârtește căci cei doi poli se învârtesc.

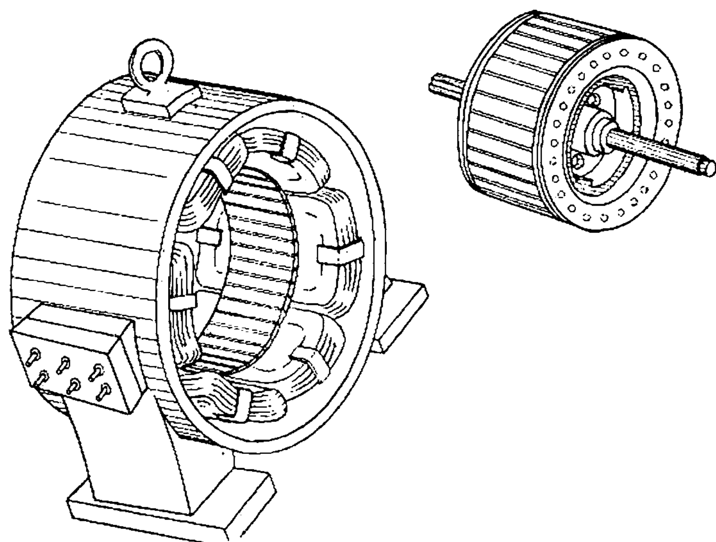


Fig. 181. — Motor asincron cu rotorul în colivie de veveriță

In acest gol să presupunem un cilindru de fier care se poate roti și pe care este de exemplu o înfășurare în colivie.

Prin rotația magnetului se va induce în înfășurarea cilindrului un curent.

Acest curent indus, conform principiului lui Lenz, are sensul astfel îndreptat că se opune cauzei care-l produce, adică rotației magnetului.

Dar magnetul nu se poate opri căci îl învârtim noi. Care va fi urmarea?

Cilindrul va fi și el învârtit în același sens cu magnetul.

Lucrurile se întâmplă la fel în cazul când, voind să oprim un vehicul în mișcare, ne-am agăța de el. In loc ca vehiculul să se oprească, vom fi târîți.

Dar motorul de inducție nu are un magnet învârtitor. Ce s'a constatat însă? Cele trei înfășurări trifazate produc linii de forță a căror direcție se rotește ca și cum ar fi un magnet învârtitor.

De aceea se spune că cei trei curenţi trifazici produc un câmp învârtitor care se învârteşte cu viteza de sincronism rezultând din formula cunoscută, dar scrisă puţin schimbat:

$$n = \frac{60\,f}{p}$$

Rotorul târît de acest câmp învârtitor se învârteşte în acelaşi sens cu el. Dar nu chiar cu viteza câmpului adică cu viteza de sincronism.

De aceea aceste motoare de inducţie se numesc *asincrone*.

Deci între viteza câmpului învârtitor n_c şi aceea a rotorului este o diferenţă n_c-n_r.

Raportul acestei diferenţe n_c-n_r faţă de viteza câmpului învârtitor n_c se numeşte alunecare.

$$a = \frac{n_c - n_r}{n_c}.$$

Când motoarele nu învârtesc nicio maşină, adică merg in gol, alunecarea este mică; când motorul învârteşte o maşină, alunecarea se măreşte.

Deoarece alunecarea este mică se poate socoti că *motorul asincron merge cu viteză aproape constantă.*

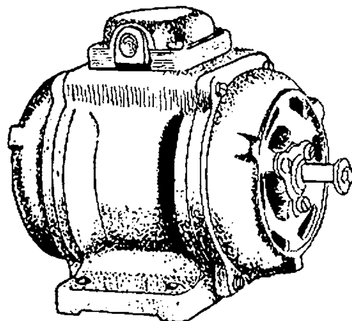


Fig. 182. — Motor asincron

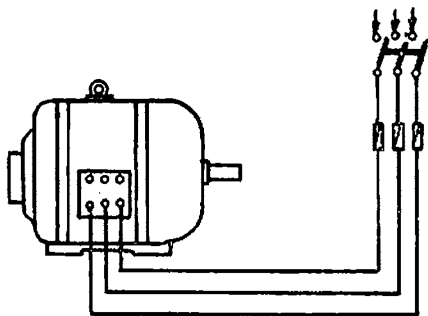


Fig. 183. — Legăturile electrice ale unui motor asincron fără inele

La pornire, un asemenea motor absoarbe, scurt timp, un curent de 5—8 ori mai mare decât curentul normal.

Acesta este un mare neajuns.

Diferite măsuri permit a se îndepărta în parte acest neajuns.

Aceste măsuri la pornire sunt reducerea tensiunii aplicate înfăşurării statorului sau, reducerea curentului din înfăşurarea rotorului prin introducerea unei rezistenţe atâta timp cât durează pornirea.

Prima măsură se realizează cu ajutorul unui comutator special de pornire.

A doua măsură se aplică motoarelor asincrone cu inele.

La acestea, cele trei capete ale înfăşurării trifazice sunt legate la trei inele; de acolo circuitul continuă prin perii la un reostat.

La pornire, reostatul este aşezat în poziţia celei mai mari rezistenţe, apoi se închide întrerupătorul statorului şi treptat, manevrând maneta reostatului, se reduce rezistenţa.

Direcţia de învârtire a unui motor asincron se inversează dacă se schimbă între ele două faze care alimentează statorul.

Am arătat că viteza unui motor asincron este aproape constantă.

Sunt şi motoare sincrone cu dispozitive pentru variaţia vitezei, dar construcţia lor este mai complicată sau funcţionarea lor mai puţin avantajoasă decât a motorului asincron obişnuit.

Randamentul unui motor este raportul între puterea mecanică pe care o dă la arbore şi puterea electrică pe care o absoarbe.

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} .$$

Randamentul motorului asincron variază, la plină sarcină, între 0,81 şi 0,94, după mărimea motorului.

Din cauză că un motor conţine bobinaje, el produce o întârziere a curentului faţă de tensiune. De aceea factorul de putere al unui motor este mai mic decât 1. Motoarele mai mici funcţionează cu un factor de putere mai mic decât cele mari.

Uneori, dacă un alternator alimentează multe motoare mici, factorul de putere scade foarte mult.

Ce neajuns are aceasta?

Ştim că puterea produsă de un alternator este:

$$P = U I \cos \varphi .$$

Cos φ fiind mic, înseamnă că alternatorul va da o putere mică, deşi I poate fi foarte mare.

Dacă $\cos\varphi$ este mic se iau uneori măsuri de mărire, instalându-se în rețea *condensatoare*, care au proprietatea de a mări $\cos\varphi$.

Motorul asincron este folosit foarte mult fiind de construcție simplă și lesne de manevrat. Pornirea se face prin simpla închidere a întrerupătorului, prin care este legat la sursa de curent, și prin manevrarea dispozitivelor auxiliare despre care am vorbit (dacă ele există).

Marea întrebuințare pe care o au curenții trifazați se datorește și posibilității de a folosi asemenea motoare simple și robuste.

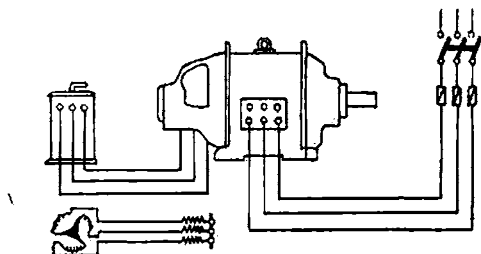


Fig. 184. — Legăturile electrice ale unui motor asincron cu inele

Se construesc și *motoare de inducție monofazate*. Un asemenea motor nu poate porni singur ci trebue să fie împins până ce ajunge la viteza normală sau să fie prevăzut cu un dispozitiv special de pornire.

Asemenea motoare sunt construite numai pentru puteri mici.

113. **Generalități privind toate felurile de motoare.** Prin funcționare motoarele se încălzesc.

Incălzirea este datorită mai multor cauze: curenții care circulă prin conductele înfășurărilor produc căldură prin efectul Joule-Lenz RI^2; curenții paraziți induși în părțile fieroase ale mașinii dau și ei căldură; în sfârșit, frecarea arborelui în lagăre este de asemenea un motiv de încălzire.

O parte din căldura astfel produsă ridică temperatura motorului, iar alta se risipește în aer.

Dacă nu s'ar risipi, temperatura motorului ar crește mereu și părțile lui care pot arde ar fi distruse, în special înfășurările cu izolația lor de bumbac în fire.

Temperatura cea mai mare pe care acestea nu trebue să o întreacă este de 60°.

Dacă un motor este încărcat peste puterea lui normală mai mult timp, el se încălzeşte peste limitele normale. Deci puterea unui motor este determinată de încălzirea lui.

Se construesc diferite tipuri de motoare după întrebuinţările la care sunt destinate.

Astfel sunt motoare care pot merge încărcate la puterea lor maximă oricât timp, fără ca limita de încălzire să fie întrecută. Altele sunt construite pentru o funcţionare intermitentă, adică merge câtva timp, se opreşte un timp, iar porneşte: astfel sunt motoarele pentru ascensoare.

In locurile unde se folosesc, motoarele pot fi expuse să fie în contact cu diferite corpuri străine care le-ar dăuna.

De aceea se fac diferite feluri de construcţii de motoare *protejate*.

Construcţia obişnuită se numeşte *deschisă*.

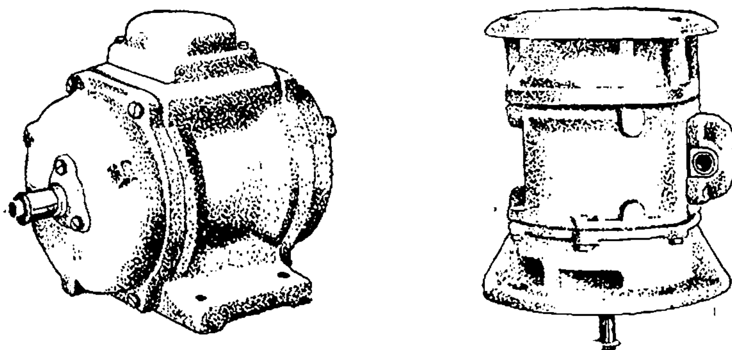


Fig. 185 a şi b. — Motoare asincrone protejate

Construcţiile protejate pot apăra contra pătrunderii apei, a picăturilor de apă, a stropiturilor de apă, a prafului, a gazelor, etc.

Ce citim pe placa unui motor? Datele principale de construcţie ale motorului care servesc pentru a şti ce destinaţie i se poate da sunt scrise pe placa fixată pe motor.

Ea poartă următoarele indicaţii: fabrica, marca motorului, tipul, tensiunea, intensitatea curentului, puterea în kW sau CP.

cos φ, numărul rotațiilor pe minut, tensiunea la rotor și intensitatea curentului acestuia.

Fig. 186. — Placă de motor

Intrebări recapitulative

1. Ce surse de curent electric cunoașteți?
2. Expuneți cum se produc curenții induși.
3. Pe ce fenomene se bazează mașinile electrice?
4. Ce sunt alternatoarele?
5. Să se descrie compunerea unui alternator.
6. Ce se mișcă într'un alternator, magneții sau conductorii în care se produc curenții induși? De ce?
7. Să se explice producerea curenților alternativi.
8. Cum variază acești curenți?
9. De ce valori ale tensiunii și intensității ne folosim în calcule, știind că ele variază mereu la curentul alternativ?
10. Ce este excitatoarea? Curentul de excitații este mare?
11. De cine depinde mărimea forței electromotoare produsă de un alternator?
12. Ce este o spiră? o bobină? Dar o înfășurare?
13. Cu ce viteză se învârtește un alternator?
14. Poate fi învârtit cu alte viteze? De ce?
15. Care este formula puterii date de un alternator?
16. Puterea dată de un alternator poate fi zero, deși alternatorul are o tensiune la borne și produce un curent?
17. Prin ce mijloace este învârtit un alternator?
18. De ce absoarbe putere mai mare dela motor atunci când produce un curent mai mare?
19. Ce numim randament la un alternator?
20. De ce ne interesează randamentul alternatorului și în general al oricărei mașini?

21. De ce randamentul nu poate fi egal cu 1 sau chiar mai mare?
22. Ce fel de pierderi se produc într'un alternator?
23. Cum se exprimă puterea unui alternator?
24. De ce fenomen este limitată puterea unui alternator şi în general a oricărei maşini electrice?
25. Ce se întâmplă cu o maşină dacă se încălzeşte prea mult?
26. Ce fel de curent se foloseşte mai mult: alternativ sau continuu? De ce?
27. De ce avem nevoie de transformatoare electrice?
28. Pe ce fenomen se bazează?
29. Ce relaţie între tensiune şi curent cunoaşteţi la un transformator?
30. Ce numim raport de transformare?
31. Descrieţi un transformator.
32. Cum se răceşte un transformator?
33. Definiţi randamentul unui transformator.
34. In general cum sunt randamentele transformatoarelor faţă de ale alternatoarelor de aceeaşi putere?
35. Ce este un motor?
36. Dar un motor electric?
37. Ce fel de motoare de curent alternativ cunoaşteţi?
38. Care sunt cele mai folosite? De ce?
39. Cu ce viteză se învârteşte un motor sincron, dar un motor asincron?
40. Care sunt principalele deosebiri între motorul sincron şi cel asincron?
41. Pe ce fenomene se bazează motorul de inducţie?
42. Ce neajuns are motorul asincron?
43. Cum se poate schimba sensul învârtirii unui motor asincron?
44. Ce este decalajul? Ce este factorul de putere?

XI. MAŞINILE DE CURENT CONTINUU

Generatoarele şi motoarele electrice

114. Generatorul de curent continuu. Am arătat mai înainte că maşinile electrice se bazează pe fenomenul inducţiei.

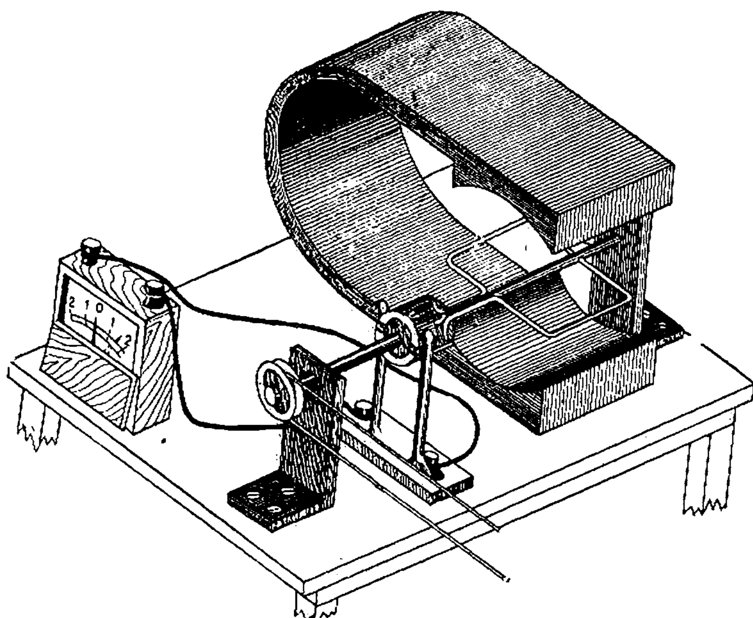


Fig. 187. — Generator de curent continuu

Dar în acest mod se produce întotdeauna un curent variabil, un curent alternativ.

Cum se poate obţine o maşină de curent continuu pe baza fenomenului inducţiei?

Să luăm din nou mica maşină de curent alternativ arătată în fig. 126 şi să-i facem o modificare şi anume: în loc de a lega capetele spirei la două inele, să le legăm la un inel format din două jumătăţi, separate între ele printr'un izolant.

Două lamele de metal, pe care le numim *perii,* apasă şi păstrează contactul cu inelul format din cele două jumătăţi; acest inel îl numim *colector.*

Să învârtim spira şi să urmărim ce se întâmplă. După cum ştim, se va produce o f. e. m. şi un curent indus care-şi schimbă sensul în cursul unei rotaţii.

Cât timp spira se mişcă dela *4* la *2*, sensul curentului indus în cei doi conductori este cel din fig. 188 a.

Pe durata acestei jumătăţi de rotaţie, conductorul *A* este în legătură prin jumătatea de inel cu peria *N*, iar conductorul *B* prin cealaltă jumătate de inel cu peria *P*.

Afară din maşină, curentul va circula dela peria *P* la peria *N*, deci *P* va fi polul pozitiv, iar *N* cel negativ.

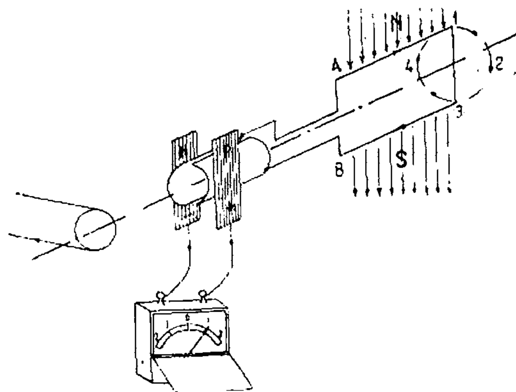


Fig. 188 a. — Cu ajutorul colectorului se obţine un curent continuu

Cât timp spira se învârteşte dela *2* la *4*, sensul curentului indus este inversat în cei doi conductori aşa cum arată fig. 188 c:

Pe durata acestei jumătăţi de rotaţie, conductorul *A* este în contact cu peria *P*, iar conductorul *B* cu peria *N*.

Afară din mașină, curentul va circula tot dela peria *P* spre peria *N*, deci și de data aceasta *P* este polul pozitiv, iar *N* cel negativ.

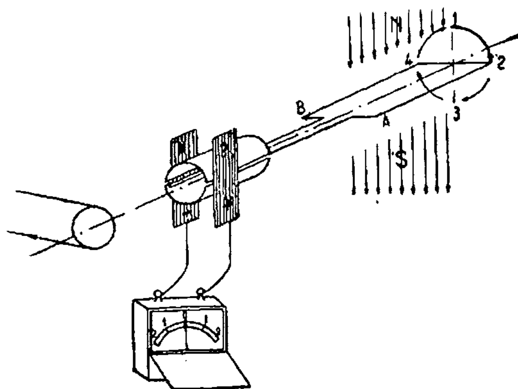


Fig. 188 b. —

Iată că prin ajutorul colectorului am obținut în circuitul exterior al mașinii un curent *în același sens*, deși în conductorii *A*

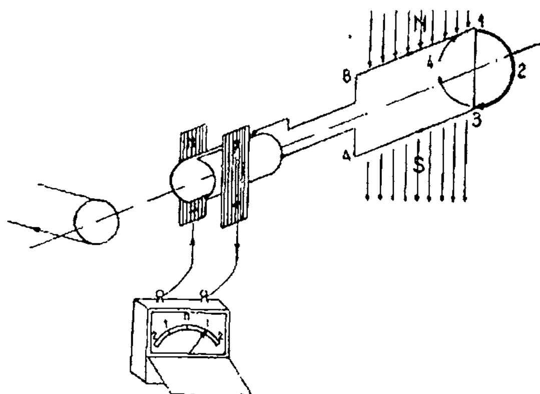


Fig. 188 c. —

și *B* sensul curentului se schimbă în timpul unei rotații a spirei.

Dar știm că, în cursul unei rotații, f. e .m. și deci și curentul

indus este *variabil și ca mărime nu numai ca sens:* când conductorii sunt în pozițiile *2* și *4* curentul este 0, crește apoi treptat și ajunge maxim când conductorii se află în *1* și *3*. Variația

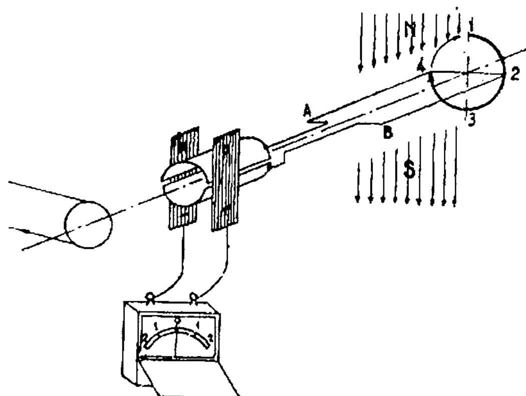


Fig. 188 d. —

este o sinusoidă. La generatorul alternativ, în circuitul exterior, curentul variază după cum se arată în diagramă.

La mașina de curent continuu, în circuitul exterior, curentul obținut are forma arătată în fig. 190.

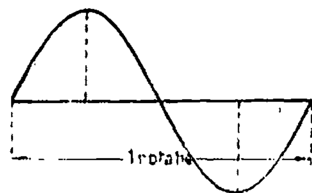


Fig. 189. — Curentul alternativ produs de un alternator

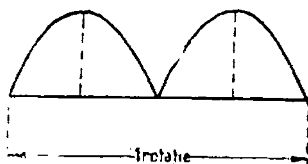


Fig. 190. — Curentul continuu produs de un generator de curent continuu

Lucrul acesta se înțelege lesne: prin introducerea colectorului nu am schimbat modul de variație al curentului ci numai sensul în care circulă.

Deci, nu rezultă un curent chiar continuu, adică uniform,

aşa cum îl dă un element galvanic sau un acumulator ci este un curent care pulsează, adică creşte, scade, trece prin zero, creşte din nou, etc., dar *mereu în acelaşi sens*. Numim un astfel de curent : *curent pulsator* sau *curent redresat*.

Să ţinem minte, prin urmare, că în maşina de curent continuu se produce un curent alternativ şi că numai înafară se obţine un curent continuu, datorită colectorului

Când spira se găseşte în direcţia *2—4*, f.e.m indusă este 0. Această direcţie se numeşte *linie neutră*.

Periile de colectare a curentului fac contact, cu colectorul, pe linia neutră.

In felul acesta, în clipa trecerii periilor de pe o jumătate a inelului pe cealaltă jumătate, nu este niciun curent în spiră, căci ea este în poziţia neutră *4—2*.

Dacă ar fi un curent la această trecere, spira ar fi legată în scurt-circuit prin lamele şi perii şi s'ar arde.

Să examinăm mai departe cum sunt realizate în practică generatoarele de curent continuu.

Ca şi la alternator, trebue să avem şi aci o parte care produce fluxul magnetic (liniile de forţă), *inductorul* şi o parte în care ia naştere curentul indus, *indusul*. In plus vom avea *colectorul*.

Spre deosebire de alternator, la maşinile de curent continuu *inductorul este stator*, iar *indusul este rotor*.

Statorul este un cadru sau un inel de fier în interiorul căruia sunt fixaţi electromagneţii, iar rotorul poate fi un inel sau un cilindru (sau tambur).

La primele maşini de curent continuu care s'au construit rotorul era un inel de fier.

Să cercetăm acest mod de construcţie: înfăşurăm două bobine de câteva spire pe un asemenea inel, aşa cum se vede în fig. 191.

Prin învârtirea rotorului se produc în aceste spire f. e. m. de inducţie, iar în circuitul exterior, cu ajutorul colectorului, un curent continuu.

Folosind lucrurile pe care le ştim dela cazul maşinii cu o singură spiră, ne vom putea explica lesne funcţionarea.

Cât timp bobina *a* se mişcă dela *4* la *2* curentul în ea are

sensul din fig. 191, iar în mişcarea dela *2* la *4* are un sens invers.

In circuitul exterior însă curentul va fi întotdeauna dela *P* la *N*.

Observăm că cele două bobine formează două ramuri ale unui circuit electric, iar în fiecare ramură este câte o f. e. m.

Dacă circuitul exterior, dela peria *P* la peria *N*, nu este închis, cele două forţe electromotoare, produse în cele două bobine, egale şi de sens opus, se anulează.

Dacă se închide circuitul exterior, f. e. m. va fi în paralel şi va lua naştere un curent produs de ambele f. e. m.

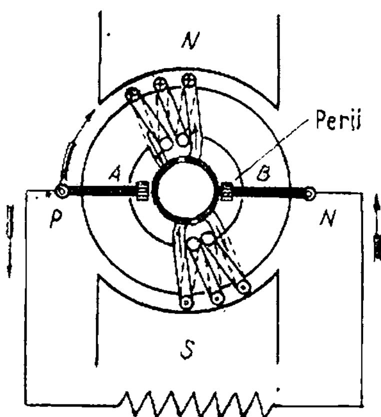
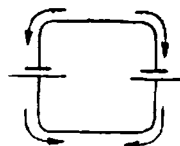
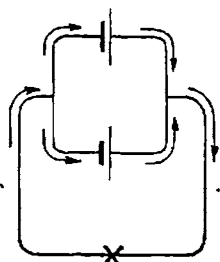


Fig. 191. — Generator de curent continuu cu rotorul inel


Fig. 192. — Forţele electromotoare opuse


Fig. 193. — Forţele electromotoare în paralel

Să mai înfăşurăm două bobine pe inelul rotor şi să le aşezăm pe o direcţie perpendiculară faţă de primele; colectorul să fie făcut acum din patru sferturi de inel.

Ce observăm? Şi acum vom avea două ramuri de curent; în fiecare ramură însă sunt câte două f. e. m. în serie, căci sunt câte două bobine.

In fiecare ramură sunt totdeauna două bobine care se află aproximativ în zona aceluiaşi pol.

Dar forțele electromotoare din cele două bobine sunt decalate cu 90°.

Liniile *I* și *II* arată aceste f. e. m., iar linia *III* suma lor în fiecare moment.

Se constată imediat că de astă dată variațiile f. e. m. și deci și ale curentului, sunt cu mult mai mici.

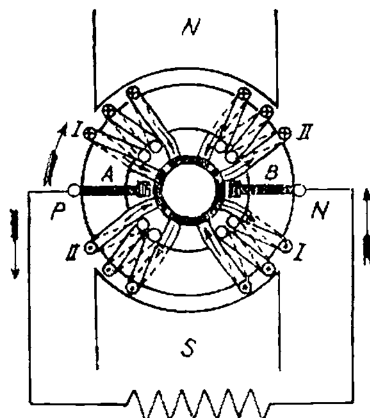


Fig. 194. — Generator cu patru bobine

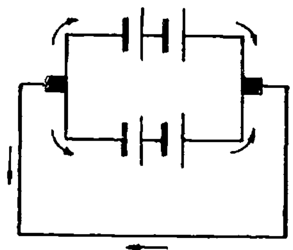


Fig. 195. — Forțele electromotoare ale generatorului cu patru bobine

Se înțelege că dacă vom îndesi numărul bobinelor, vom obține un curent continuu aproape uniform, deci cu pulsații foarte mici.

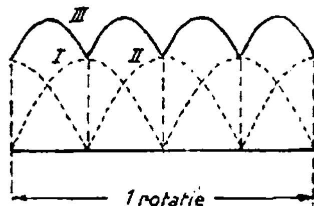


Fig. 196 — Forțele electromotoare ale generatorului cu două bobine decalate cu 90°

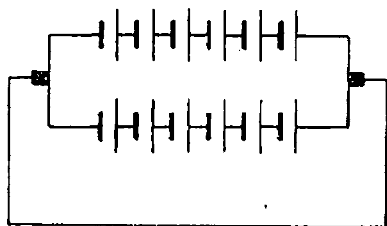


Fig. 197. — Forțele electromotoare ale unui generator de curent continuu

Firește că și colectorul va trebui să fie format din atâtea fragmente sau lamele, câte bobine sunt.

In acest caz f. e. m. pot fi reprezentate cum se arată în fig. 197.

Un generator realizat în astfel de condiții se vede în fig. 198.

Examinând mai de aproape o asemenea mașină, se observă că la producerea curentului electric iau parte numai porțiunile din bobine aflate spre exterior, deoarece numai acelea taie liniile de forță.

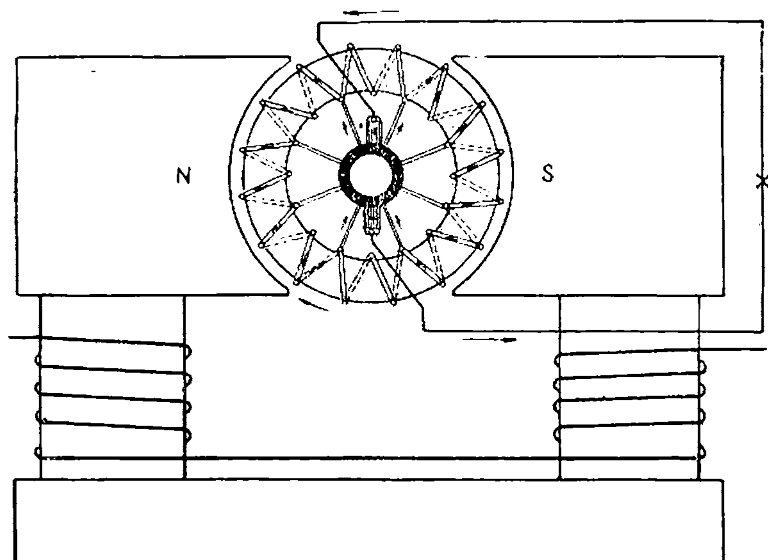


Fig. 198. — Generator de curent continuu cu indus inel

De aceea, s'a părăsit construcția indusului în formă de inel și s'a trecut la execuția indusului în formă de tobă sau cilindru, cu crestături pe margini, în care sunt introduși conductorii.

Un conductor de sub polul Nord este legat cu un conductor opus, de sub polul Sud, obținându-se astfel o spiră. Ea este legată la două lamele de colector alăturate.

Plecând deci dela un conductor, circuitul parcurge al doilea conductor opus, trece apoi pe o lamelă a colectorului, dela aceasta începe altă spiră, iarăși se trece printr'un conductor, prin al doilea opus, printr'o lamelă așezată lângă cea de mai înainte

şi aşa mai departe, până ce ajungem iarăşi la conductorul dela care am plecat.

Infăşurarea indusului unui motor de curent continuu este deci o înfăşurare închisă, spre deosebire de aceea a maşinilor de curent alternativ, care este o înfăşurare deschisă.

Mai observăm că la fiecare spiră corespunde o lamelă de colector.

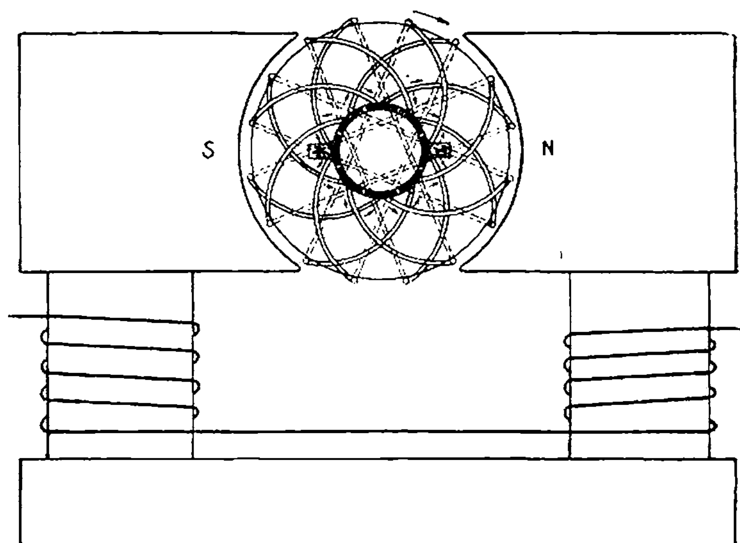


Fig. 199. — Generator de curent continuu cu indus în tobă

Colectarea curentului trebue să se facă şi în acest caz din *linia neutră*, adică periile trebue să atingă lamelele care leagă spirele prin care nu trece curent.

Maşinile mari au un număr mai mare de poli. Am văzut că într'o maşină cu o pereche de poli (N. şi S) curentul într'o spiră alternează odată la o rotaţie; într'o maşină cu mai multe perechi de poli, curentul, la o rotaţie a spirei, va alterna de atâtea ori câte perechi de poli sunt. Ori de câte ori un conductor (adică o latură a spirei) va trece prin faţa unui pol, în el se va produce o forţă electromotoare.

Forța electromotoare produsă de un generator de curent electric continuu se poate calcula cu formula:

$$E = KNnp\ \Phi,$$

în care:

E este forța electromotoare produsă;
K este un coeficient;
N este numarul conductorilor așezați pe indus;
Φ este fluxul produs de un pol;
n este numărul rotațiilor indusului pe minut;
$2p$ este numărul polilor.

115. **Construcția generatorului de curent continuu.** Statorul este din fontă sau mai bine din oțel turnat. Are formă dreptunghiulară (uneori pentru mașinile cu doi poli), dar mai adesea este rotund.

Pe el sunt fixați sâmburii (miezul) electromagneților care se termină prin câte o talpă, numită *piesă polară*. Pe miez sunt înfășurate bobinele inductorului. Rotorul este compus dintr'o bucșă (sau butuc) pe care este fixat miezul indusului.

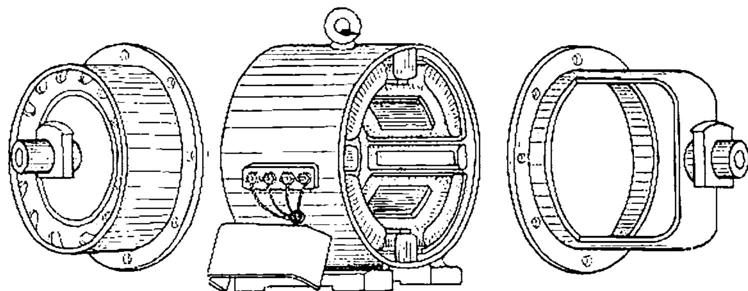


Fig. 200. — Generator de curent continuu. Statorul

Fluxul magnetic al inductorului induce curenți nu numai în înfășurarea indusului, dar și în însuși corpul de fier. Acești curenți produc o încălzire a fierului, prin efectul Joule-Lenz. Pentru a micșora acest efect, miezul indusului nu se face dintr'o bucată, ci din table de fier suprapuse și izolate cu hârtie sau cu lac. Grosimea tablelor este de obiceiu de 0,5 mm. Tablele sunt mai întâi crestate pe margini și apoi fixate pe butuc, unele peste altele, formând un pachet cilindric.

Fixarea se face cu buloane și flanșe.

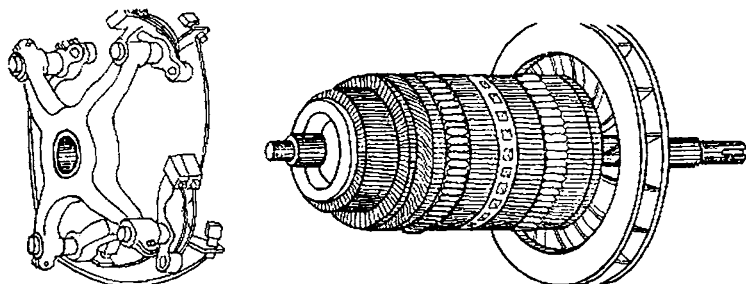


Fig. 201. — Generator de curent continuu. Rotorul, port-periile și periile

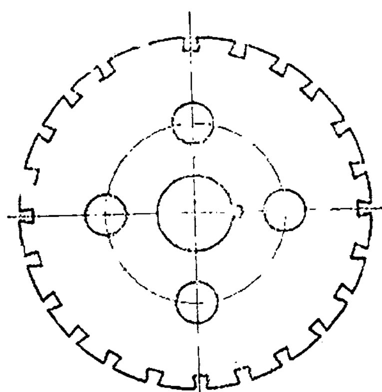


Fig. 202. — Tablă de indus crestată

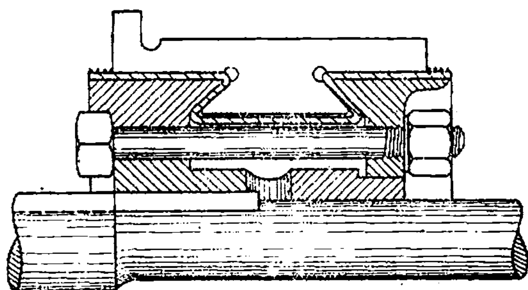


Fig. 203 — Lamelă de colector

Tabla pentru indus este de fabricație specială, de oțel cu conținut de siliciu.

Colectorul este făcut dintr'un număr de lamele de cupru electrolitic, egal cu numărul bobinelor. Lamelele sunt separate între ele cu izolație de 1 mm grosime de mică. Ele sunt fixate pe un butuc și ținute pe loc cu o flanșe de strângere.

De obiceiu, lamelele au o mică prelungire în spre rotor, la care se face legătura cu bobinele înfășurării indusului.

Periile pentru colectarea curentului sunt, de obiceiu, din cărbune grafitat. Ele sunt prinse de niște susținători, purtători de perii, iar printr'un arc sunt apăsate pe colector.

Excitația inductorului. Am aflat cum funcționează generatorul de curent continuu. De unde primește însă inductorul curentul continuu de excitație?

Am văzut că inductorul alternatoarelor primește curentul dela o sursă străină.

Și generatorul de curent continuu poate primi curent dela o sursă străină, de exemplu dela o baterie de acumulatoare.

O asemenea mașină este denumită „cu excitație separată" ; grafic se reprezintă după cum se vede în fig. 204.

P și N reprezintă bornele indusului, *I* reprezintă înfășurarea inductorului, *R* este un reostat. Rolul acestuia este de a varia curentul de excitație; în consecință va varia și fluxul produs și, deci, și forța electromotoare a generatorului (vă amintiți că $E = KNnp\Phi$).

In poziția *A* a manetei reostatului, rezistența este 0 (zero) și deci curentul este maxim, iar în poziția *B*, rezistența este maximă și deci curentul minim.

Figura mai arată un contact *C*. La oprirea mașinii, maneta este pusă pe acest contact și în felul acesta înfășurarea inductorului este în scurt-circuit. De ce? La întreruperea curentului se produce o forță electromotoare de autoinducție care este destul de mare și deci poate fi periculoasă pentru izolația înfășurării.

Circuitul fiind însă închis se va produce un curent de scurtă durată, fără efecte vătămătoare.

Reostatul descris se numește *reostat de câmp.*

Dar, cele mai multe ori, mașinile de curent continuu se folosesc de propriul lor curent pentru excitație. Acestea sunt mașini cu *autoexcitație.* Ele se bazează pe următorul fenomen:

Un inductor care a fost magnetizat păstrează încă un rest de magnetism, denumit *magnetism remanent*. Pornind mașina, acest magnetism va produce o forță electromotoare de inducție. Dacă se leagă indusul cu inductorul, prin acesta va trece un curent care mărește fluxul inductorului, va rezulta în indus o forță electromotoare mai mare și așa mai departe până se ajunge la excitația normală.

Legătura între înfășurarea indusului și a inductorului se poate face în *paralel* sau derivație și *în serie*.

116. **Generator cu excitația în derivație (paralel).** In acest caz prin inductor trece o parte I_m din curentul indusului I_i. Diferența între ele, I_e, este curentul care pleacă în exterior pentru a alimenta receptoarele de curent. (fig. 205).

$$I_i = I_m + I_e.$$

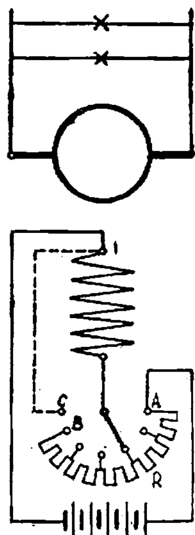


Fig. 204. — Schema generatorului cu excitație separată

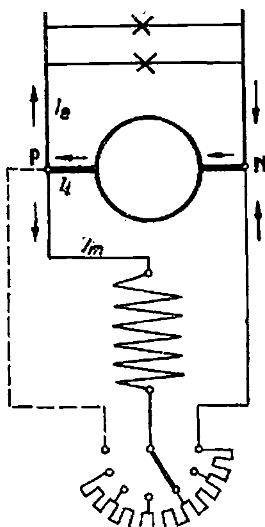


Fig. 205. — Schema generatorului cu excitație în paralel

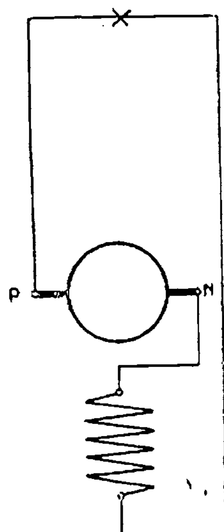


Fig. 206. — Schema generatorului cu excitație în serie

Desigur, este bine ca I_m să fie cât mai mic și de aceea bobina inductorului este subțire și cu spire multe.

In orice generator electric se produce în înfășurarea indu-

sului o cădere de tensiune egală cu RI_i, în care R este rezistența înfășurării, iar I_i este curentul care trece prin ea. Cu cât curentul crește, cu atât mai mare este căderea de tensiune. Ce efect are ea? Tensiunea la bornele mașinii este egală cu forța electromotoare mai puțin căderea de tensiune, adică:

$$U = E - RI_i.$$

Prin urmare, cu cât curentul produs de mașină este mai mare, cu atât tensiunea la bornele generatorului devine mai mică. Din cauză că tensiunea se micșorează, scade și curentul de excitație, ceea ce are de urmare micșorarea f. e. m. Iată încă un motiv de scădere a tensiunii. Dar acesta este un mare neajuns, deoarece toate aparatele receptoare de curent sunt construite pentru o tensiune constantă. De aceea este necesar ca, pe măsură ce curentul I_i crește, să se mărească și forța electromotoare, pentru ca U să fie menținut constant. In acest scop, cu ajutorul reostatului de câmp, se micșorează rezistența inductorului, deci curentul de excitație va crește, și în consecință va crește și forța electromotoare indusă. Prin urmare, tensiunea va putea fi menținută constantă, chiar dacă curentul produs crește.

Generatorul cu excitația în derivație este mașina de curent continuu cea mai folosită, deoarece tensiunea la bornele ei poate fi menținută constantă cu ușurință și pentrucă, întreaga funcționare este foarte simplă.

117. **Generatorul cu excitație în serie.** La acesta, înfășurarea indusului și a inductorului sunt legate în serie, deci ele sunt străbătute de același curent. Sârma inductorului va trebui să fie corespunzător de groasă (fig. 206).

In cazul acestei mașini, la creșterea curentului produs de indus se produce în mod automat o creștere a forței electromotoare, căci curentul de excitație este chiar curentul produs de indus. Efectul este o creștere a tensiunii la borne pe măsura creșterii curentului.

Din cauza aceasta generatorul serie nu poate fi utilizat în mod obișnuit.

118. **Generator cu excitație compound sau mixtă.** Un asemenea generator are pe poli două înfășurări. Prin una trece curentul indusului, deci este în serie cu acesta, iar cealaltă este în derivație la bornele mașinii.

Efectele celor două excitații sunt următoarele: pe măsură ce curentul crește, tensiunea la bornele mașinii scade și deci, scade și curentul de excitație din derivație. In același timp însă crește curentul excitației serie. Cele două efecte se compensează și rezultatul este funcționarea mașinii cu tensiune constantă. Uneori, înfășurarea serie este astfel dimensio-

nată ca efectul ei să fie mai mare decât al excitației în derivație și consecința este o mărire a tensiunii. O asemenea mașină se numește *supra compoundată.*

Poli auxiliari. La unele mașini de curent continuu se văd între polii inductori alții mai mici, numiți auxiliari. Ei au rolul de a îmbunătăți funcționarea mașinii.

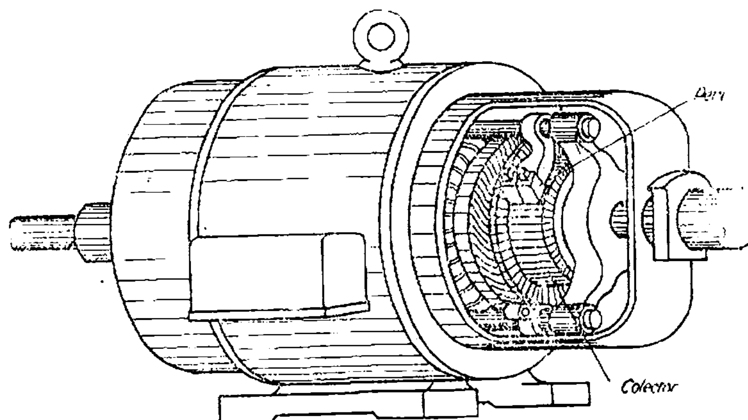


Fig. 207. — Generator de curent continuu montat

119. **Tensiunea generatoarelor.** Sunt construite de obiceiu pentru următoarele tensiuni: 115, 230, 460 de volți. Se construesc și generatoare pentru tensiuni mai mari, până la 3000 la 4000 V, pentru a alimenta locomotive electrice. Tramvaiele și troleibusele sunt de obiceiu alimentate la 550 V, uneori însă și la tensiuni mai mari, de exemplu 800 V.

120. **Viteza generatoarelor.** Numărul de rotații poate fi ales după voie; cu cât însă este mai mare cu atât mașina este mai ușoară și mai ieftină.

Firește însă că acest număr de rotații este determinat de numărul de rotații al motorului de care dispunem.

Transmiterea mișcării dela motor la generator se poate face prin *cuplaj direct,* adică arborii sunt legați cap la cap sau prin curea.

In cazul cuplajului direct generatorul va fi de tip *încet* dacă motorul este Diesel, mașină de abur cu piston sau turbină de apă, întru cât acestea au în general viteză mică.

Dimpotrivă, generatorul va fi de tip *repede* dacă motorul este o turbină de abur a cărei viteză este foarte mare, de exemplu 3000 rotații pe minut.

In cazul cuplajului prin curea, generatorul va fi de obiceiu o maşină cu viteză *mijlocie.*

Să ţinem minte însă că un generator de curent continuu nu trebue să se învârtească numai cu anumite viteze, aşa cum se intâmplă cu alternatoarele.

121. **Randamentul generatoarelor.** Generatoarele electrice transformă lucrul mecanic (energia mecanică) dată de motor în energie electrică.

După cum am constatat şi la maşinile de curent alternativ, o parte din energia primită se consumă în căldura produsă prin efectul Joule-Lenz în conductori, în piesele de fier, prin frecarea în lagăre, la perii, etc.

Randamentul generatoarelor de curent continuu, adică raportul între puterea dată (utilă) şi cea absorbită (primită),

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

variază între 0,75 şi 0,93 după mărimea maşinii şi poate ajunge la 0,95, la maşinile mari.

122. **Generatoare în paralel.** Ca şi generatoarele de curent alternativ, deseori, mai multe generatoare de curent continuu sunt legate în paralel la *barele generale* ale unei centrale.

Intrebuinţarea generatoarelor de curent continuu. După cum am mai arătat, curentul continuu este întrebuinţat mult mai puţin decât cel alternativ, deoarece el nu poate fi transformat lesne prin ridicarea sau coborîrea tensiunii. Totuşi, el are alte mari avantaje. Intre tensiune şi curent nu este decalaj şi deci puterea nu depinde de cos φ cum se întâmplă la curentul alternativ.

Un alternator pentru a da aceeaşi putere ca şi un generator de curent continuu, la aceeaşi tensiune, trebue să producă un curent mai mare.

Pentru curentul continuu $I_c = \frac{P}{U}$, pe când curentul alternativ $I_a = \frac{P}{U \cos \varphi}$, cos φ fiind, în general, mai mic ca 1, $I_a > I_c$.

Alt avantaj al curentului continuu este posibilitatea de a folosi acumulatoare.

In sfârşit, mai notăm că, pentru anumite întrebuințări, curentul continuu are mari avantaje față de curentul alternativ, în special la tracțiunea electrică.

123. **Motoare de curent continuu.** Dacă un generator de curent continuu primeşte curent, se va pune în mişcare producând energie mecanică.

Funcționarea se bazează pe acțiunea între câmpul magnetic şi curent. Să examinăm mai în amănunt această acțiune:

Fig. 208 reprezintă un generator electric care primeşte curent dela o sursă străină, prin perii şi colector.

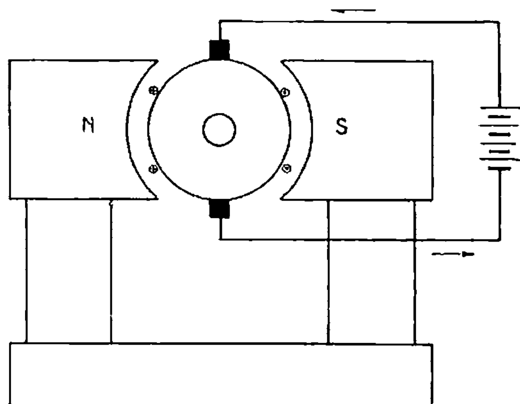


Fig. 208. — Principiul de funcționare al motorului

Acest curent se împarte în două ramuri paralele. Observăm că în toți conductorii care sunt în zona polului Nord curentul va circula într'un sens; în cazul nostru, din față spre hârtie; iar în conductorii din zona polului Sud, curentul va circula în sens invers, adică din hârtie spre noi.

Dacă ne amintim cele spuse la generator, vom vedea că nu se poate altfel.

Ce se întâmplă mai departe? Conductorii fiind într'un câmp magnetic sunt supuşi unor forțe (experiența din fig. 104). Direcția lor ne este dată de regula mânei stângi. Rotorul se va învârti spre stânga, deci în sens invers decât se învârteşte generatorul.

Trebue să mai observăm însă un fapt; rotorul învârtindu-se

într'un câmp magnetic, în conductori vor lua naştere f. e. m. de inducţie, al căror sens se stabileşte prin regula mânei drepte. Să o aplicăm în cazul nostru. Constatăm că în conductorii de sub polul Nord sensul este dela hârtie spre noi, iar în conductorii de sub polul Sud, dela noi spre hârtie.

Aceste sensuri sunt contrarii curenţilor primiţi de motor. De aceea forţele electromotoare născute se numesc *forţe contra-electromotoare* (prescurtat f. c. e. m.).

Care este urmarea? La perii se aplică tensiunea U căreia i se opune f. c. e. m., E. Rezistenţa înfăşurărilor indusului este R_i. Curentul care trece prin indus rezultă:

$$I_i = \frac{U - E}{R_i}.$$

Dacă nu ar fi această forţă contraelectromotoare curentul în indus ar fi atât de mare încât s'ar arde înfăşurarea.

La pornirea unui motor, însă, f.c.e.m. este nulă, căci maşina stă pe loc şi deci:

$$I_i = \frac{U}{R_i}.$$

Cum se evită arderea motorului? Se reduce curentul primit prin ajutorul unei rezistenţe variabile care se introduce în circuit şi care se numeşte *reostat* sau *rezistenţa de pornire.* Treptat, prin mişcarea manetei, rezistenţa este micşorată şi la urmă scoasă din circuit.

Aceste rezistenţe nu sunt construite să suporte mult timp un curent puternic şi, de aceea, *nu trebue să se uite maneta pe un contact intermediar căci se arde.*

124. **Viteza motoarelor.** Viteza motoarelor este cu atât mai mare cu cât curentul de excitaţie este mai mic. Aceasta se poate lesne dovedi. Am arătat că:

$$I_i = \frac{U - E}{R_i}$$

dar putem scrie această relaţie şi în felul acesta:

$$E = U - R_i I_i;$$

dar $R_i I_i$ este mic şi nu facem mare greşală dacă îl neglijăm. Ne rămâne

$E = U$: dar

$$E = KNnp\Phi, \text{ deci } KNnp\Phi = U, \text{ sau } n = \frac{U}{KNp\Phi}.$$

Tensiunea U ce se aplică unui motor este constantă, numărul de poli $2p$ nu se poate schimba şi nici N numărul conductorilor.

Φ se poate schimba dacă se măreşte sau se micşorează curentul de excitaţie. Ce observăm? *Dacă Φ creşte, adică dacă se măreşte curentul de excitaţie n, numărul rotaţiilor pe minut scade; dacă Φ descreşte, adică dacă se micşorează curentul de excitaţie, n creşte.*

Acesta este un rezultat important căci am găsit mijlocul de a varia viteza motorului.

Amintiţi-vă că la motoarele de curent alternativ nu putem schimba viteza.

Prin urmare, motoarele de curent continuu au un mare avantaj, acela de a li se potrivi viteza, după nevoie.

125. **Excitaţia motoarelor.** Şi motoarele ca şi generatoarele au o excitaţie *separată* sau *proprie* (în derivaţie, serie sau mixta).

Cele mai întrebuinţate sunt motoarele cu *excitaţie în derivaţie.* Ele se caracterizează prin aceea că *viteza rămâne aproape constantă la orice putere pe care o dă motorul şi chiar dacă motorul nu produce lucru mecanic, adică merge în gol.*

Vreţi să ştiţi de ce? Dacă privim figura vom observa că: A şi B sunt bornele de primire ale curentului, cercul reprezintă indusul, iar bobina G H este inductorul. I_m, intensitatea curentului de excitaţie, rezultă după legea lui Ohm din:

$$I_m = \frac{U}{R_m}.$$

R_m este rezistenţa inductorului. U şi R_m fiind constante I_m este şi el constant. Prin urmare n, numărul rotaţiilor, va fi şi el constant după cum rezultă din formula mai înainte arătată.

Am arătat că un motor trebue să aibă un *reostat de pornire* R_p. Pentru motorul cu excitaţie în derivaţie, reostatul se montează aşa cum arată fig. 209.

In poziţia C, rezistenţa este maximă şi deci curentul primit de motor este cel mai mic; aceasta este poziţia de pornire. Dacă se învârteşte maneta M, rezistenţa scade treptat, iar în poziţia D, ea este zero; aceasta este poziţia reostatului în timpul funcţionării motorului.

Figura mai arată un reostat R_c, *reostatul de câmp*. El serveşte pentru a varia viteza motorului.

Mişcând maneta acestui reostat dela *E* la *F*, rezistenţa creşte, iar intensitatea curentului de excitaţie va scădea. După cele ce ştim, viteza motorului va creşte.

Motoarele se construesc în aşa fel ca să se poată spori viteza cu cel mult 20% peste viteza lor normală.

Observăm că prin introducerea rezistenţei în circuitul inductorului vom avea o pierdere de energie prin efect Joule-Lenz R_m, I_m^2, dar curentul de excitaţie al unui motor în derivaţie este mic şi, deci, aceăstă pierdere nu este nici ea prea mare.

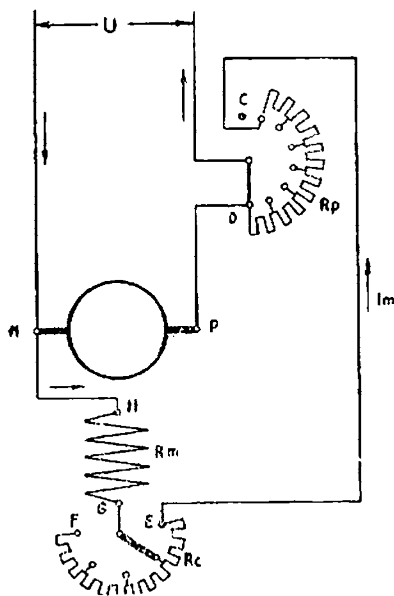


Fig. 209. — Schema motorului cu excitaţie in derivaţie

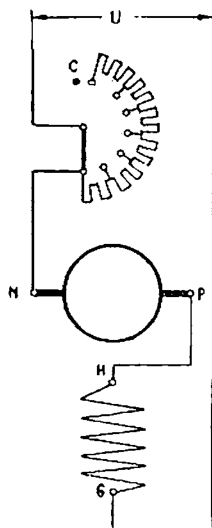


Fig. 210. — Schema motorului cu excitaţie în serie

Motorul cu excitaţie în serie. La un asemenea motor curentul primit trece atât prin inductor cât şi prin indus.

Ceea ce caracterizează acest motor este faptul că viteza variază *dela sine*, adică fără vreun amestec al nostru, atunci când

sarcina (puterea dată de motor) se schimbă. Şi anume: viteza este cu atât mai mare cu cât sarcina (puterea pe care o dă) este mai mică.

La mersul în gol el ajunge chiar la viteze periculoase; spunem că motorul se ambalează la mersul în gol.

De aceea un asemenea motor nu trebue să fie cuplat prin curea, căci atunci când sare cureaua se produce o descărcare bruscă şi motorul este în pericol din cauza vitezei prea mari pe care o capătă.

Deci, motorul cu excitaţie în serie se deosebeşte foarte mult de motorul cu excitaţie în derivaţie, care are aceeaşi viteză la orice sarcină şi chiar la mersul în gol. Prin urmare el nu se ambalează dela sine.

O altă caracteristică a motorului cu excitaţie în serie este că, la pornire, desvoltă o forţă (cuplu) mare; acest lucru e necesar la macarale şi în cazul în care, la pornire, trebue să fie învinsă o rezistenţă mare. Tramvaiele electrice au motoare în serie. De asemenea, motorul cu excitaţie în serie este folosit şi în alte împrejurări, în care nu este de temut o descărcare bruscă a motorului care l-ar pune în pericol, din cauza vitezei mari.

Variaţia vitezei după voia noastră se poate face micşorând sau mărind curentul de excitaţie; în acest scop, inductorul este pus în paralel cu o rezistenţă variabilă (reostat).

Mărind sau micşorând rezistenţa reostatului, se variază şi curentul care trece prin inductor. Deci, şi din acest punct de vedere, motorul în serie se deosebeşte de cel în derivaţie, la care reostatul era în serie cu inductorul.

Sensul de rotaţie al unui motor se poate schimba dacă *se schimbă sensul curentului în indus sau în inductor.*

Motoarele de curent continuu sunt construite de obiceiu pentru o tensiune de 110, 220, 440, 550 V.

In ce priveşte viteza, ea se poate alege oricare, după nevoie. Practica a arătat că anumite viteze sunt mai avantajoase.

Randamentul motoarelor. Ca orice maşină electrică şi motorul de curent continuu are pierderi şi deci din puterea primită sub formă electrică va da numai o parte sub formă mecanică,

restul risipindu-se în căldura desvoltată în diferite părți ale mașinii.

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}.$$

Randamentul motoarelor este aproximativ egal cu al generatoarelor.

126. **Motoare de curent alternativ cu colector.** Motoarele de curent alternativ pe care le-am descris, au neajunsul că viteza lor nu poate fi modificată decât prin dispozitive complicate.

Motoarele de curent continuu, dimpotrivă, dau posibilitatea unei ușoare schimbări a vitezei.

De aceea s'a căutat să se construiască motoare care să aibă avantajele ambelor tipuri și așa s'a ajuns la *motoarele de curent alternativ cu colector.*

Astfel este motorul trifazic cu colector, care se compune dintr'un rotor ca al unui motor de curent continuu, cu perii prin care se primește curentul trifazat.

Statorul este ca și al unui motor asincron. Se întrebuințează în locul motorului asincron când se cere o variație mare de viteză.

S'au construit și motoare monofazate cu colector.

Unele sunt cu înfășurare în serie. Acestea sunt întrebuințate foarte mult pentru a pune în mișcare locomotivele trenurilor electrice.

Altele se numesc *de repulsie.*

Motoare universale. Se numesc astfel fiindcă pot fi întrebuințate atât pentru curentul continuu cât și pentru curentul alternativ, având cleme diferite pentru cele două feluri de folosiri.

Sunt de putere mică și se folosesc pentru mașini de lucru mici.

Exerciții

Intrebări

1. Care este tensiunea la bornele unui generator cu excitație separată, știind că f.e.m. este de 121,5 V, rezistența indusului 0,015 Ω, iar intensitatea curentului dat 100 A?

2. Un generator în derivație dă la o tensiune de 220 V un curent de 150 A. Curentul de excitație este de 5 A, iar rezistența indusului 0,25 Ω. Care este curentul în indus? Dar rezistența inductorului?

3. Un generator în serie are rezistența indusului de 0,5 Ω, iar a inductorului de 0,3 Ω și tensiunea la borne de 120 V pentru 20 A. Care este forța electromotoare?

4. Un motor Diesel produce 300 kW. El este cuplat cu un generator de curent continuu. Ce putere maximă poate produce acesta știind că randamentul este 0,92?

5. O turbină de apă produce 68 CP. Ea acționează un generator de curent continuu care are un randament de 0,90. Câți kW poate da maximum generatorul?

6. Un generator de curent continuu de 50 kW are un randament de 0,88. El este acționat de o mașină cu abur. Ce putere în CP trebue să aibă mașina?

7. Un generator de curent continuu produce 100 A la 220 V. El este cuplat cu un motor Diesel de 35 CP. Care este randamentul generatorului?

8. Un motor în derivație fiind legat la o rețea de 220 V ia 100 A. Rezistența indusului este de 0,05 Ω, iar rezistența inductorului 60 Ω. Cât este curentul de excitație, curentul în indus și f.e.m.?

9. Care este f.e.m. a unui motor în serie legat la 220 V și absorbind 50 A, rezistența indusului fiind de 0,20 Ω, iar a inductorului 0,25 Ω?

10. Un motor de curent continuu fiind legat la 220 V produce 20 kW la un curent absorbit de 100 A. Care este randamentul lui?

11. Ce putere absoarbe un motor, al cărui randament este de 0,89, pentru a produce 80 kW?

12. Care este intensitatea curentului absorbit de un motor legat la 440 V, care produce 60 CP, randamentul lui fiind 0,87?

13. O mașină de curent continuu în serie, cu o rezistență totală de 1,2 Ω funcționează ca generator producând 15 kW, la tensiunea de 440 V și viteza de 1000 rotații pe minut. Ce putere va produce și ce viteză va avea dacă aceeași mașină este folosită ca motor?

14. O centrală hidroelectrică dispune de un debit de 1,5 m³/s care cade dela 80 m, învârtind o turbină cuplată direct cu un generator de curent continuu. Știind că randamentul părții hidraulice este 0,80, iar al generatorului 0,90, ce putere dă această centrală?

1. $U = E - RI = 121{,}5 - 0{,}015 \times 100 = 121{,}5 - 1{,}5 = 120$ V.

2. $I_t = I + I_m = 150 + 5 = 155$ A; $U = E - RI$; sau $E = U + RI_t = 220 + 0{,}25 \times 155 = 220 + 38{,}75 = 258{,}75$ V.

$$R_m = \frac{U}{I_m} = \frac{220}{5} = 44\ \Omega.$$

3. $U = E - [R_m + R_i]\, I$ sau $E = U + [R_m + R_i]\, I = 120 + (0{,}5 + 0{,}3)\, 20 = 120 + 16 = 136$ V.

4. $P_u = \eta\, P_a = 0{,}92 \times 300 = 276$ kW.

5. $P_u = \eta\, P_a.\ P_a = \frac{68\ \text{CP}}{1{,}36} = 50$ kW; $P_u = 0{,}90 \times 50 = 45$ kW.

6. $P_a = \frac{P_u}{\eta} = \frac{50}{0{,}88} = 56{,}8$ kW. $P_a = 56{,}8 \times 1{,}36 = 77{,}1$ CP.

7. $\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{220 \times 100}{} = \frac{22}{25{,}7} = 0{,}855.\ \frac{35\ \text{CP}}{1{,}36} = 25{,}7$ kW.

8. $I_m = \frac{U}{R_m} = \frac{220\ V}{60\ \Omega} = 3{,}6$ A; $I_i = I - I_m = 100 - 3{,}6 =$
$= 96{,}4$ A; $U = E - I_i R_i$; $E = U + I_i R_i = 220 + 96{,}4 \times 0{,}05 =$
$= 220 + 4{,}82 = 224{,}82$ V.
9. $U = E - I_i [R_i + R_m]$; $E = U + I_i [R_i + R_m] = 220 +$
$+ 50[0{,}20 + 0{,}25] = 220 + 22{,}5 = 242{,}5$ V.

10. $P_a = UI = 220 \times 100 = 22$ kW; $P_u = 20$ kW; $\eta = \frac{20}{22} = 0{,}91$.

11. $P_a = \frac{P_u}{\eta} = \frac{80}{0{,}89} = 90$ kW.

12. $P_u = \frac{60}{1{,}36} = 44$ kW. $P_a = \frac{P_u}{\eta} = \frac{44}{0{,}87} = 50{,}6$ kW $= 50\,600$ W.

$P_a = U.\ I$, iar $I = \frac{P_a}{U} = \frac{50\,600\ W}{440\ v} = 115$ A.

13. Dacă mașina funcționează ca generator, $E - R_i I_i = U$ sau $E_{generator} = U + R_i\ I_i$; .
Dacă acționează ca motor
$E_{motor} = U - R_i\ I_i$; .

$I = \frac{15\,000}{440} = 34{,}2$ A $\quad R_i I_i = 1{,}2 \times 34{,}2 = 41$ V.

Atunci

$E_g = 440 + 41 = 481$ V
$E_m = 440 - 41 = 399$ V

$\frac{E_m}{E_g} = \frac{399}{481} = 0{,}83$

Dar $\frac{E_m}{E_g} = \frac{N_m}{N_g}$ sau $\frac{0{,}83 \times 481}{481} = \frac{N_m}{1000}$

De unde $N_m = 0{,}83 \times 1000 = 830$ rotații pe minut.
Puterea produsă va fi $399 \times 34{,}2 \times \eta$ sau $13{,}6 \times \eta$ kW, dacă $\eta = 0{,}9$
$P_u = 12{,}2$ kW.

14. Puterea dată de turbină este:

$1500 \times 80 \times 0{,}80 = 96\,000$ kg m/s dar $\frac{96\,000}{75} = 1280$ CP.

$\frac{1280}{1{,}36} = 940$ kW

P_u generatorului $= \eta\ P_a = 0{,}90 \times 940 = 846$ kW.

Intrebări recapitulative

1. Pe ce fenomen se bazează maşinile de curent continuu?
2. De ce avem nevoie de maşini căci curentul continuu poate fi dat de elemente galvanice şi acumulatoare?
3. Ce fel de curenţi iau naştere în indusul unui generator de curent continuu?
4. Cum obţinem în circuitul exterior un curent în acelaşi sens?
5. Este chiar un curent continuu? Cum îl rumlm?
6. Prin ce mijloc micşorăm variaţiile curentului redresat?
7. In câte feluri se poate construi indusul?
8. Ce desavantaje are indusul inel?
9. Să se explice cum se execută înfăşurarea indusului?
10. In ce poziţie se aşază periile? De ce?
11. Care este numărul minim al căilor de curent din indus?
12. Cum este construit indusul?
13. Dar inductorul?
14. Cum este construit colectorul?
15. Din ce se fac periile?
16. De unde se primeşte curentul de excitaţie a inductorului? Câte feluri de maşini sunt din acest punct de vedere?
17. De ce elemente depinde forţa electromotoare a unei maşini?
18. Tensiunea la bornele generatorului este mai mică sau mai mare decât f.e.m. care se produce în indus?
19. Cum se poate varia f.e.m.?
20. Să se stabilească cum variază tensiunea la bornele generatorului în derivaţie când creşte intensitatea curentului furnizat.
21. Care feluri de generatoare se întrebuinţează obişnuit?
22. Cu ce tensiune funcţionează de obiceiu generatoarele de curent continuu?
23. Cu ce viteze? Un generator trebue să se învârtească numai cu anumite viteze, ca un alternator?
24. Ce numim randament?
25. Ce pierderi se produc într'o maşină electrică?
26. Cât de mare este randamentul?
27. Ce numim funcţionare în paralel?
28. De ce fel de motoare pot fi acţionate generatoarele de curent continuu?
29. Generatorul opune vreo rezistenţă motorului? Explicaţi fenomenul.
30. Care este principiul de funcţionare a motoarelor de curent continuu?
31. Un generator este schimbat de motor. Dacă sensul curenţilor în indus rămâne acelaşi în ce sens se va învârti?
32. Aplicaţi regula mânei stângi la un motor pentru sensuri diferite de circulaţie a curenţilor.
33. Ce este forţa contraelectromotoare?
34. De ce are nevoie un motor de un reostat de pornire?
35. Cum se poate varia viteza unui motor?
36. Ce fel de motoare sunt din punct de vedere al felului excitaţiei?
37. Arătaţi caracteristicele motorului în derivaţie.
38. Idem, ale motorului în serie.

39. Se poate schimba viteza motorului în derivaţie dela sine? Dar a unui motor în serie? Când?

40. Cum putem varia după voie viteza unui motor în derivaţie? Dar a unui motor în serie?

41. Care sunt principalele întrebuinţări ale motorului în derivaţie şi ale celui în serie?

42. Un motor de curent continuu se deosebeşte constructiv de un generator de curent continuu?

43. Cum se poate schimba sensul de rotaţie?

44. Ce se numeşte randamentul motoarelor? Cum variază?

45. Pentru ce viteze se construesc motoarele de curent continuu?

46. Pentru ce tensiune?

47. In ce moduri se leagă un motor de maşina care trebue acţionată?

48. Desenaţi schemele de instalare ale unui motor în derivaţie şi ale unui motor în serie.

XII. CONVERTISOARE

127. **Grupul motor generator.** *Convertisoarele sunt maşini rotative, care servesc pentru transformarea curentului continuu în curent alternativ, a celui alternativ în continuu, sau invers.* Sunt mai multe feluri de maşini pentru aceste scopuri.

Transformarea curentului continuu tot în curent continuu, dar cu altă tensiune, pentru alte scopuri, nu se mai poate face cu un aparat atât de simplu cum este transformatorul pentru curentul alternativ.

In acest caz sunt necesare două maşini: un motor electric, care este pus în mişcare prin legarea lui la tensiunea pe care o avem la dispoziţie, şi un generator acţionat de acest motor şi care va produce curentul cu tensiunea pe care o vrem.

Cele două maşini au arborii legaţi cap la cap. Acesta este un grup *motor generator.*

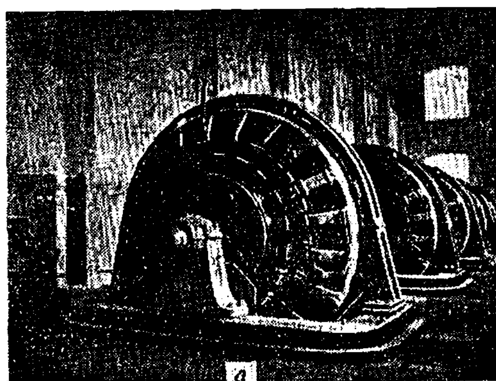
Transformarea curentului alternativ în curent continuu se poate face tot cu un asemenea grup în care motorul este *asincron* sau *sincron.*

Bine înţeles, şi curentul continuu poate fi transformat în curent alternativ printr'un grup motor generator.

128. **Comutatrice.** Transformarea curentului alternativ în continuu sau invers se poate face şi cu ajutorul unei maşini numită *comutatrice.* Ea este construită ca o maşină de curent continuu dar care, pe lângă colector, mai are pe arbore şi inele pentru curent alternativ aşezate pe partea opusă. Prin aceste inele (două pentru curentul monofazat şi trei pentru cel trifazat) primeşte curentul alternativ.

Intre tensiunea alternativă şi cea continuă este un anumit raport şi anume, între tensiunea trifazată şi cea continuă, aproximativ de 0,61.

Deci, pentru a putea obține pe partea continuă o anumită tensiune, trebue să fie potrivită tensiunea alternativă după raportul de mai sus cu ajutorul unui transformator.



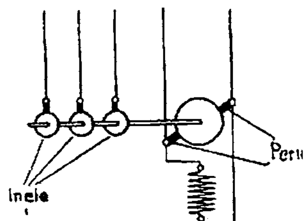


Fig. 211 a, b. — Comutatrice și schema ei electrică

129. **Convertisorul în cascadă** servește la fel ca și comutatricea. Se compune dintr'un motor asincron al cărui arbore este legat cap la cap cu un generator electric în derivație.

Pe lângă această legătură mecanică între cele două mașini mai este și o legătură electrică. Și anume câte un capăt al fiecărei faze a indusului

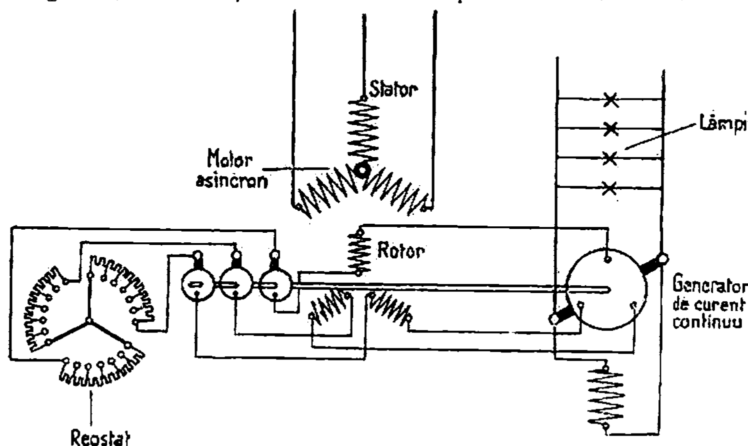


Fig. 212. — Schema unui convertisor în cascadă

(rotorului) este legat cu indusul generatorului de curent continuu. Celălalt capăt al fiecărei faze este legat la câte un inel. Pe inele apasă perii prin care sunt legate rezistențele de pornire a motorului.

Prin urmare, în această mașină, o parte din energia electrică primită de motorul alternativ servește pentru a produce mișcarea generatorului, iar altă parte ajunge în generator sub forma curentului alternativ din rotor.

In indusul generatorului de curent continuu știm că se produce un curent alternativ; deci, prin acest montaj aducem un surplus de curent alternativ.

Datorită colectorului, generatorul dă însă un curent continuu.

Randamentul unei asemenea mașini este mai mare decât al unui grup motor-generator.

Față de comutatrice au avantajul că tensiunile de curent continuu și alternativ nu mai sunt într'un raport anumit.

130. **Redresoare cu vapori de mercur.** Transformarea curentului alternativ în continuu se face foarte adesea cu ajutorul redresoarelor cu vapori de mercur. Redresorul este un aparat care se bazează pe producerea unui arc electric într'un vas, din care s'a scos aerul, dar în care se găsesc vapori de mercur. Un arc electric produs între mercur și un conductor nu permite trecerea curentului decât într'un singur sens, dela conductor la mercur. Ne putem folosi de acest fenomen pentru a realiza un fel de *ventil electric,* adică un aparat prin care curentul să treacă numai într'un sens, așa cum sunt unele ventile de apă, care lasă să se scurgă lichidul numai într'o parte.

Un redresor se compune dintr'un vas de sticlă din care s'a scos aerul cât se poate de bine; vasul are două brațe în cazul redresoarelor pentru curenți monofazați și trei sau chiar șase brațe în cazul redresoarelor pentru curenți trifazați.

Prin aceste brațe sunt introduși electrozi de grafit; în fundul vasului se găsește mercur, care și el constitue un electrod și anume catodul, pe când ceilalți sunt anozii.

Redresorul este însoțit totdeauna de un transformator pentrucă tensiunea dată de redresor depinde de tensiunea alternativă aplicată. Deci, ca să obținem o anumită tensiune de curent continuu, trebue să aplicăm o anumită tensiune de curent alternativ, ceea ce se realizează lesne folosindu-ne de un transformator.

Legăturile între transformator și redresor se fac după cum arată fig. 213 în cazul curentului monofazat, adică se leagă catodul cu mijlocul înfășurării secundare a transformatorului, iar

anozii la bornele acestei înfăşurări. Dacă avem de transformat un curent trifazat, catodul se leagă la punctul neutru al înfăşurării secundare, în stea.

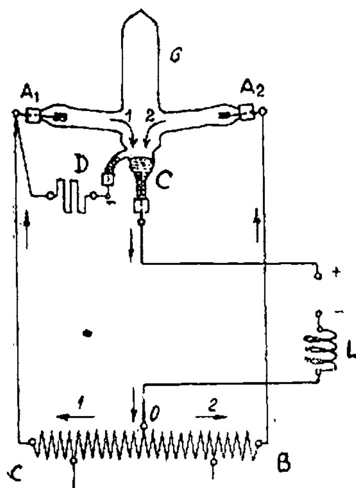


Fig. 213. — Redresor cu vapori de mercur

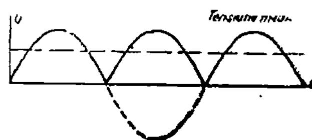
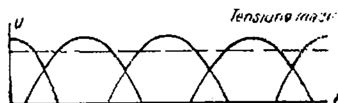


Fig. 214. — Tensiune monofazată redresată



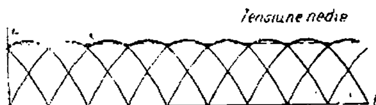


Fig. 215 a. — Tensiune trifazată redresată cu trei şi şase anozi

Cum funcţionează redresorul ? In vas se găseşte o atmosferă de vapori de mercur. In timpul funcţionării se produce o descărcare prin aceşti vapori, între anozi şi catod. Vaporii de mercur au însă proprietatea de a lăsa să se producă descărcarea şi deci să treacă un curent numai dacă acesta are sensul dela anod la catod. Deci, anozii trebue să fie pozitivi, iar catodul negativ.

Cum putem realiza aceasta, căci curentul este alternativ, adică îşi schimbă mereu sensul şi deci polaritatea? Observăm că timp de jumătate de perioadă curentul circulă în sensul *B* spre *C;* în acest caz anodul A_1 este pozitiv, iar anodul A_2 negativ, jumătatea următoare a perioadei curentul circulă dela *C* spre *B;* deci anodul A_1 este negativ, iar anodul A_2 pozitiv.

Prin urmare, în prima jumătate de perioadă, descărcarea se va produce între A_1 şi *C,* iar în jumătatea următoare între A_2 şi *C.* Dela *C* la *O* va trece tot timpul un curent în acelaşi sens, deci se va obţine un curent continuu, *C* fiind polul pozitiv, iar *O* cel negativ, pentru curentul transformat.

Dar, după cum se constată, curentul obţinut nu este chiar continuu, căci are foarte multe neregularităţi. Dacă se foloseşte un redresor trifazat cu trei anozi sau cu şase anozi, neregularităţile sunt cu mult mai mici.

Pentru egalizarea curentului se introduce în circuitul dela *C* la *O* o bobină de autoinducţie *L*.

Dar am arătat cà descărcarea se produce prin vapori de mercur. Cum sunt ei obţinuţi?

Redresorul mai are în *D* un electrod auxiliar, tot de mercur, legat cu unul din anozi. La pornire, se înclină vasul în aşa fel ca mercurul din *C* şi cel din *D* să fie în contact.

In felul acesta va putea trece un curent electric. Se îndreaptă apoi vasul în poziţia lui normală, atunci se vor produce scântei de întrerupere, care provoacă evaporarea mercurului şi descărcarea poate începe între anozii A_1 A_2 şi catod.

In loc de acest procedeu de aprindere, se întrebuinţează un dispozitiv compus dintr'un electrod de aprindere, care se pune în contact şi care este apoi ridicat în sus cu ajutorul unui electromagnet; la ridicare, se produc scânteile de întrerupere cu ajutorul cărora mercurul se încălzeşte şi se evaporează.

Dacă redresorul produce un curent mic, este pericol ca să nu mai fie suficient de cald catodul. De aceea sunt luate măsuri speciale prin electrozi de excitaţie ca descărcarea să fie menţinută. Mercurul nu se consumă în acest aparat deoarece vaporii formaţi se condensează pe pereţi şi deci se întorc din nou în *C*. In interiorul redresorului se produce o cădere de tensiune care este în general mică şi anume de 10—30 V.

Pentru intensităţi mari, nu se mai construesc redresoare cu vas de sticlă, după cum am arătat mai sus. Vasul este înlocuit cu o cuvă de metal, iar curentul este întotdeauna trifazat. Cuva este cilindrică, cu perete dublu, închis la partea de jos printr'o parte mai adâncită în care se găseşte mercurul constituind catodul; partea de sus a cuvei este închisă cu un capac prin care pătrund anozii.

Fiecare anod este înconjurat cu un ecran care îl protejează contra curenţilor de vapori de mercur care vin dela catod. Aceste ecrane sunt aşezate astfel ca să ascundă anozii de radiaţiunile care pleacă dela placa catodică. Fiecare anod mai are un grătar izolat. Acest dispozitiv împiedecă descărcarea în sens invers (aprindere înapoi) care se produce când redresorul funcţionează cu sarcină redusă. Un alt ecran, în formă de pâlnie, deasupra catodului, împiedecă vaporii de mercur să se urce spre anozi. In mijlocul capacului se găseşte dispozitivul de pornire care se compune dintr'o vergea ţinută de un arc care la partea de sus are un miez introdus

într'un solenoid. Când trece un curent prin solenoid, acesta atrage miezul şi astfel vergeaua se lasă în jos, făcând contact cu mercurul. Dacă se întrerupe curentul, resortul trage vergeaua în sus, contactul se întrerupe şi se produce o scânteie de întrerupere care provoacă evaporarea mercurului, ceea ce duce la producerea descărcării între anozi şi catod.

Redresorul este răcit cu apă care circulă prin suportul catodului, prin spaţiul dintre cei doi pereţi ai cuvei şi prin capacul cuvei. Toate îmbinările sunt prevăzute cu garnituri speciale pentru a împiedeca intrarea aerului.

Este necesar ca în interiorul cuvei să fie menţinut un vid înaintat, ceea ce se obţine prin pompe speciale prin care se ajunge la un vid egal cu 0,001 mm coloană de mercur.

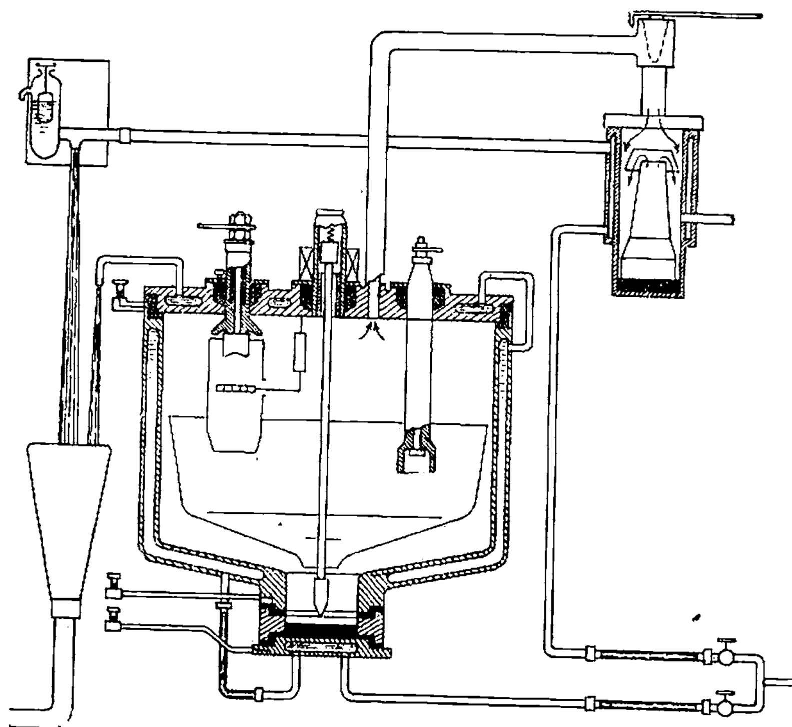


Fig. 215 b. — Redresor în cuvă de fier

După cum am arătat, un curent cât mai uniform se obţine cu un număr cât mai mare de anozi. Deci trebue să fie folosite transformatoare care să aibă cât mai multe faze pe partea de joasă tensiune. Fig. 215 c. arată un transformator cu şase faze, pe partea secundară, pe când primarul

este cu trei faze. Fiecare dintre cele şase faze sunt legate la câte un anod al redresorului. Catodul este legat la punctul nul al transformatorului.

Aparatele de mare putere se construesc şi cu 12 şi 18 anozi.

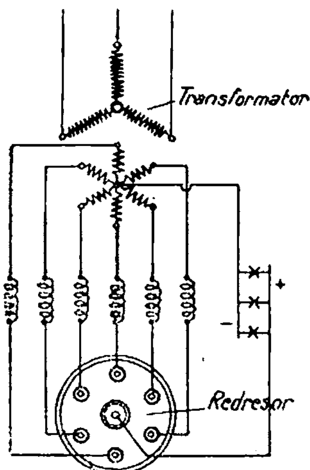


Fig. 215 c. — Redresor cu şase anozi

Redresoarele cu şase faze se întrebuinţează pentru tensiuni redresate până la 15 000 V. Pentru tensiunile de 3000—4000 V, maxime, întrebuinţate pentru tracţiunea electrică, se foloseşte redresorul de şase anozi.

Faţă de alte mijloace de a transforma curentul alternativ în curent continuu, redresoarele cu vapori de mercur au următoarele avantaje: randament mare, punere în funcţiune repede şi simplă, nu necesită întreţinere importantă, nu au greutate mare, şi deci nu prezintă greutăţi de montare, nu produc sgomot în timpul funcţionării, etc.

Redresoarele trebue să fie ferite de scurt-circuite care s'ar produce pe partea de curent continuu (adică de contacte directe între cei doi conductori ai părţii de curent continuu.

Dacă s'a produs un asemenea defect, circuitul trebue să fie imediat întrerupt şi în acest scop se întrebuinţează întrerupătoare automate foarte rapide.

In U.R.S.S. s'au construit de curând de către E. Spacov şi Vinogradov nişte redresoare cu sulfuri de tip nou pentru încărcarea acumulatoarelor. Acest redresor foloseşte ventile cu sulfuri de cupru şi magneziu. Ele sunt mult mai bune decât alte redresoare uscate şi au o durată de funcţionare de aproximativ 5 000 de ore.

Intrebări recapitulative

1. Cu ce aparat se transformă curentul alternativ ?
2. Pe ce principiu se bazează?
3. Cum se poate transforma curentul continuu pentru a obţine altă tensiune ?
4. De ce nu se pot folosi transformatoarele şi pentru curent continuu ?
5. Dar curentul alternativ prin ce mijloace poate fi schimbat în curent continuu ?
6. Să se descrie grupul motor-generator, comutatricea şi convertisorul în cascadă.
7. Să se explice redresorul cu mercur.

XIII. MASURATORI ELECTRICE

131. **Diferite feluri de aparate.** Am învățat în capitolele precedente despre diferite mărimi electrice și magnetice precum și unitățile lor de măsură.

Unele din aceste mărimi electrice se deduc din altele prin diferite formule (de exemplu curentul din tensiune și rezistență, etc.).

Deci, trebue să cunoaștem unele mărimi prin măsurători directe.

Folosirea în bune condiții a electricității ne impune măsurarea diferitelor mărimi electrice și magnetice; în special *tensiunea, intensitatea, rezistența, puterea* și *energia*.

In acest scop ne servim de *aparate de măsură* pe care le folosim după *anumite reguli*.

In capitolele trecute am cunoscut, dintre aparatele de măsură, pe acelea care servesc la măsurarea intensității curentului, *ampermetrele*.

Pe baza ampermetrelor sunt construite cele mai multe aparate de măsură.

Aparatele de măsură cele mai des întrebuințate se împart în următoarele categorii principale:

1. *Aparate cu magnet permanent și cadru mobil,* care se bazează pe acțiunea unui magnet asupra unei bobine (în formă de cadru) fig. 216 a.

2. *Aparate electromagnetice*, care se bazează pe proprietatea unei bobine, prin care trece curentul electric, de a atrage o piesă de fier moale, fig. 216 b.

3. *Aparate electrodinamice,* bazate pe acțiunea reciprocă a două bobine străbătute de curenți, fig. 114.

4. *Aparate termice* bazate pe efectul Joule-Lenz, fig. 216 c.

5. *Aparate speciale* bazate pe alte fenomene.

Să examinăm cum ne folosim de aceste diferite aparate.

132. **Măsurarea intensităţii** se face cu ampermetrul care se construeşte pe principiile mai sus arătate.

Măsurarea cu voltametrul este înceată şi se foloseşte numai în anumite laboratoare.

Ampermetrul cu magnet permanent şi bobină mobilă se

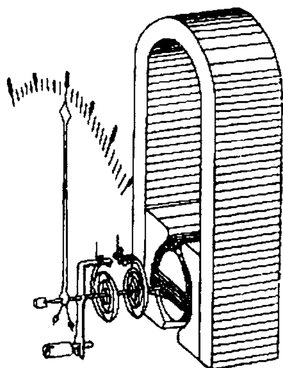


Fig. 216 a. Aparat cu magnet permanent şi cadru mobil

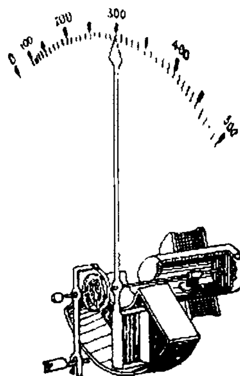


Fig. 216 b. — Aparat electromagnetic

poate folosi numai pentru curentul continuu, deoarece, în curent alternativ, bobina ar oscila când într'un sens când în altul.

Ampermetrul cu fier moale se poate folosi atât pentru curentul continuu cât şi pentru cel alternativ. Este tipul de aparat cel mai des întrebuinţat, cel mai ieftin şi cel mai sigur.

Ampermetrele electrodinamice, fără fier, se pot de asemenea folosi pentru ambii curenţi. La fel cele termice.

Pentru curenţii alternativi se mai întrebuinţează şi ampermetre bazate pe fenomenul de inducţie şi anume pe baza câmpului învârtitor.

Măsurarea intensităţii se face montând ampermetrul în serie, în circuitul de măsurat. Bobinajul unui ampermetru trebue să aibă o rezistenţă cât mai mică, ca să nu opună rezistenţă mare trecerii curentului, deci trebue să fie dintr'un fir gros.

Fiecare ampermetru se construeşte pentru un anumit curent maxim.

Dacă în circuit curentul este mai mare, ampermetrul se poate

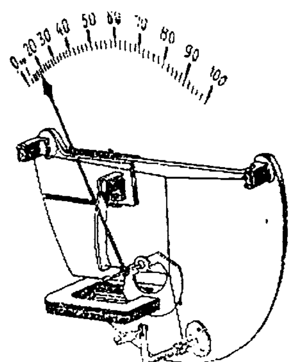


Fig. 216 c. — Aparat termic

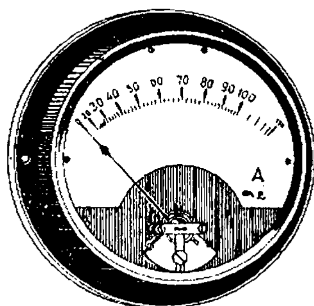


Fig. 217 a. — Ampermetru industrial



Fig. 217 b. — Ampermetrul se montează în serie

arde. Ca să nu se întâmple aceasta se face o ramificaţie a circuitului şi în această ramificaţie se montează ampermetrul. In felul acesta prin ampermetru trece numai o parte din curent.

Dacă rezistenţa r este de nouă ori mai mică decât rezistenţa R a ampermetrului, prin ramura R trece numai 1/9 din curentul ramurii r, adică 1/10 din curentul total.

In cazul acesta indicaţia ampermetrului trebue să o înmulţim cu 10 ca să obţinem curentul total.

Rezistenţa r este montată astfel că poate fi înlocuită prin diferite rezistenţe care sunt de 99 sau chiar de 999 ori mai mici decât R.

Prin ampermetru va trece $\frac{1}{100}$ sau $\frac{1}{1000}$ din curentul total

Deci, putem măsura cu acelaşi instrument curenţi foarte mari.

133. **Măsurarea tensiunilor** se face cu ajutorul *voltmetrelor* care, de fapt, sunt tot ampermetre, adică aparate care măsoară curentul; deci voltmetrele sunt construite pe aceleaşi principii.

Dacă între punctele *A* şi *B*, între care este o tensiune *U*, se leagă un ampermetru, prin el va trece un curent electric.

Tensiunea dintre *A* şi *B* rezultă după legea lui Ohm astfel:

$$U = R_{AB} \times I.$$

Pe *I* îl arată aparatul, pe R_{AB} îl cunoaştem, deci rezultă din înmulţirea acestora *U*. Pe cadranul aparatului se citeşte direct rezultatul acestei înmulţiri.

Deci, spre deosebire de ampermetru, voltmetrul se montează în *derivaţie*, iar bobinajul trebue să opună o rezistenţă cât mai mare pentru a se deriva un curent cât mai mic; deci bobinajul trebue să fie dintr'un fir subţire şi lung, pentru a avea o rezistenţă mare.

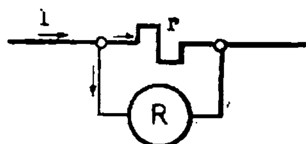


Fig. 218. — Ampermetru montat pentru curenţi mari

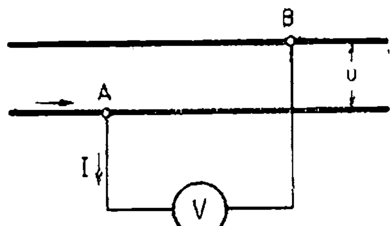


Fig. 219. — Voltmetrul se montează în derivaţie

Dacă tensiunea curentului este mare, se reduce intensitatea curentului, care trece prin voltmetru, prin montarea unei rezistenţe.

Dacă această rezistenţă *R* este de nouă ori mai mare decât rezistenţa voltmetrului, prin aparat va trece un curent de zece ori mai mic.

In centrale electrice tensiunile între diferiţi conductori se măsoară deseori cu acelaşi voltmetru. Pentru acest scop se întrebuinţează un *comutator* care leagă, după voie, aparatul cu diferiţi conductori.

Maneta *M* leagă pe rând punctele *1* şi *2*, *3* şi *4*, *5* şi *6* cu voltmetrul (vezi fig 221).

134. **Măsurarea rezistențelor.** Se face montajul din fig. 223 în care R este rezistența pe care voim s'o determinăm.

Măsurăm pe U și I și deducem din legea lui Ohm: $R = \frac{U}{I}$

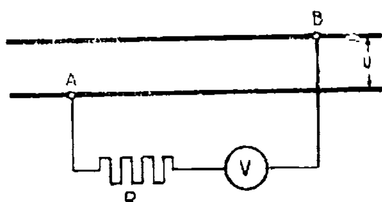


Fig. 220. — Voltmetru montat pentru tensiuni mari

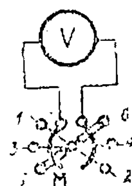


Fig. 221. — Comutator pentru voltmetru

Reostatul R servește pentru a potrivi curentul I.

Măsurarea mai exactă a rezistențelor se face cu montajul în punte, arătat în fig. 224.

R_1 și R_2 sunt rezistențe cunoscute fixe, iar R_4 este o rezistență variabilă și anume o *cutie de rezistențe.*

R_3 este rezistența a cărei valoare nu o cunoaștem. A este un ampermetru, iar E este o sursă de curent continuu.

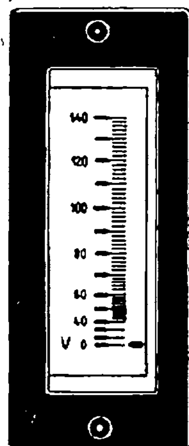


Fig. 222. — Voltmetru industrial

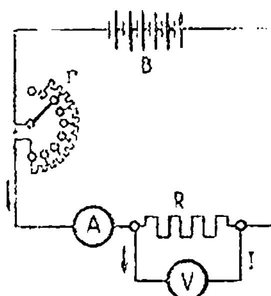


Fig. 223. Măsurarea rezistențelor

Curenții produși de E se ramifică în A, în D sau C și apoi se reunesc toți în B.

Să variem rezistența R_4. Vom constata că, pentru o anumită valoare a lui R_4, prin CD nu trece niciun curent și ampermetrul rămâne la zero

Ce s'a întâmplat? Inseamnă că nici în D și nici în C curentul nu se ramifică. In consecință, pe porțiunea ACB este același curent, I_1, iar pe porțiunea ADB același curent I_2.

Deoarece între C și D nu circulă niciun curent este ca și cum firul de legătură nu ar exista; punctele C și D sunt la aceeași tensiune.

Dar, în acest caz, pierderile de tensiune din A până în C și D și pierderile de tensiune din C și D până în B sunt egale.

$$I_1R_1 = I_2R_3 \text{ și } I_1R_2 = I_2R_4$$

sau dacă împărțim prima egalitate cu a doua obținem:

$$\frac{I_1R_1}{I_1R_2} = \frac{I_2R_3}{I_2R_4} \quad \text{sau simplificând:} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

din care $R_3 = R_4 \frac{R_1}{R_2}$, R_1, R_2 și R_4 fiind cunoscute, se poate calcula R_3.

O măsurătoare de rezistență făcută foarte des și de importanță mare este aceea a izolanților.

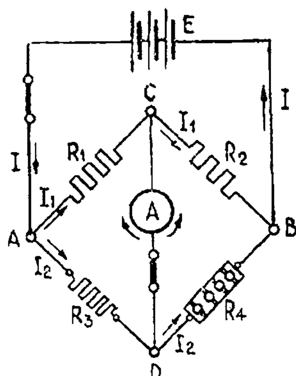


Fig. 224. — Punte Wheatstone pentru măsurat rezistențele

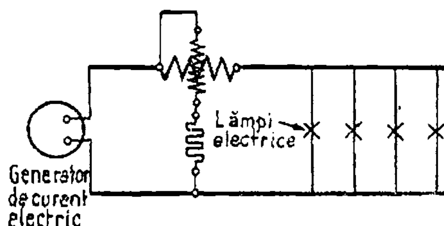


Fig. 225. — Legarea unui wattmetru

Inainte de a se folosi orice instalație electrică trebue verificată izolația ei.

O izolație defectuoasă sau insuficientă permite scurgeri de curent și chiar accidente mai grave.

Aparatul de măsură se numește *ohmmetru* sau *inductor*.

El se bazează pe legea lui Ohm:

$$R = \frac{E}{I}$$

Aparatul se compune dintr'o baterie de pile şi un galvanometru, legate în serie cu rezistenţa de măsurat; galvanometrul este gradat in ohmi rezultând din formula de mai sus.

Deseori, sursa de curent este un *magnetou,* adică o mică maşină generatoare de curent electric, al cărui inductor este *format* din magneţi în loc de electromagneţi.

Magnetoul se învârteşte cu mâna.

135. **Măsurarea puterii.** Pentru a determina puterea unui curent, trebue cunoscute U şi I deoarece $P = UI$. Aparatul de măsură se numeşte *wattmetru.*

In acest scop el se compune dintr'o bobină fixă, cu fir mai gros, care se leagă în serie (ca un ampermetru) şi dintr'o bobină mobilă cu fir subţire care se leagă în derivaţie (ca un voltmetru).

Prin acţiunea între cei doi curenţi se produce o forţă care mişcă bobina mobilă, devierea ei depinde şi de tensiune şi de intensitate, deci măsoară puterea.

Asemenea wattmetru este deci electrodinamic; el poate fi folosit atât pentru curentul continuu cât şi pentru cel alternativ.

La curentul continuu puterea poate fi măsurată servindu-ne de un voltmetru şi de un ampermetru: $P = UI$.

La curentul alternativ $P = UI \cos \varphi$, deci trebue cunoscut şi $\cos \varphi$; de aceea wattmetrul este în asemenea cazuri neapărat necesar.

La curentul alternativ trifazat trebue instalat câte un wattmetru pe fiecare fază.

Dacă ele sunt egal încărcate se poate folosi un singur wattmetru, iar indicaţia lui înmulţită cu 3. Dar această metodă nu este exactă în cazul unei neegalităţi între curenţii fazelor.

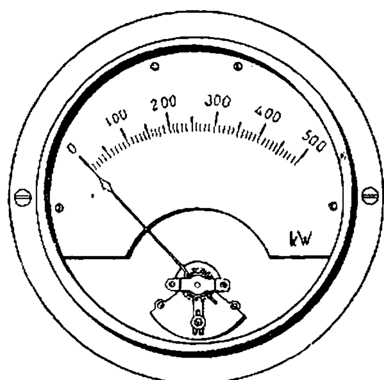


Fig. 226. — Wattmetru

Se mai poate folosi ca metodă exactă şi măsurătoarea cu două wattmetre, legate în mod special.

Cele două wattmetre se pot combina astfel ca instrumentul să aibă un singur arătător, care arată suma celor două.

Pentru curent alternativ se construesc și wattmetre de inducție.

136. **Măsurarea energiei (lucrului).** Se știe că energia este produsul puterii cu timpul: $T = UIt$.

Aparatele pentru măsurare se numesc *contoare*. Ele trebue să măsoare trei mărimi: tensiunea, intensitatea și timpul.

Contorul electrochimic se bazează pe electroliză. Intr'un vas se pune o soluție dintr'o sare de mercur. La trecerea curentului sarea este descompusă și la electrodul negativ se adună mercurul. Cantitatea strânsă este corespunzătoare numărului de amperore. Cunoscând tensiunea curentului se înmulțește cu numărul de amperore și se obține energia în kWh.

Un asemenea aparat poate fi folosit numai pentru curent continuu, dar este greu de întrebuințat și de aceea nu se folosește în mod obișnuit.

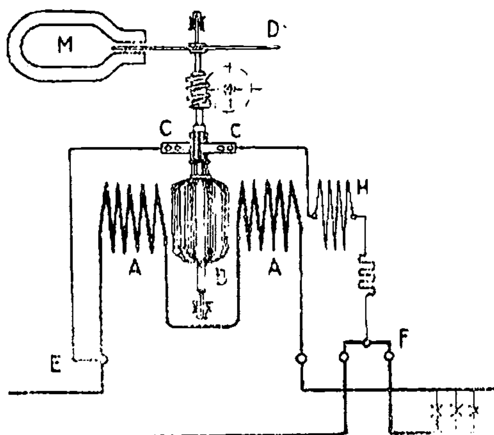


Fig. 227. — Schema unui contor

Contorul dinamometric. Este un mic motor electric compus dintr'o bobină mobilă, *B*, prin care trece un curent derivat între *E* și *F* (bobina voltmetrică). Această bobină se mișcă sub

influența mai multor bobine *A* prin care trece curentul principal și care sunt legate în serie (bobine ampermetrice).

Bobina voltmetrică este înfășurată pe un tambur fixat pe o axă verticală și primește curentul printr'un mic colector *C*.

După cum se vede, prin inductorul acestui motor trece chiar curentul, iar prin indus un curent proporțional cu tensiunea.

Pe ax mai este fixat un disc de aluminiu care se învârtește între polii unui magnet permanent *M*.

Prin învârtire, se induc în acest disc curenți care se opun mișcării. Discul îl vedem privind prin fereastra contorului. Intre curenții celor două bobine se nasc forțe, ca în orice motor, care produc învârtirea bobinei mobile și a discului.

Invârtirea este mai repede sau mai înceată după mărimea celor doi curenți.

Mișcarea axului este transmisă printr'un mecanism de roți dințate la un sistem de discuri arătătoare; ele indică numărul rotațiilor făcute într'un anumit timp și, deci, și al kWh.

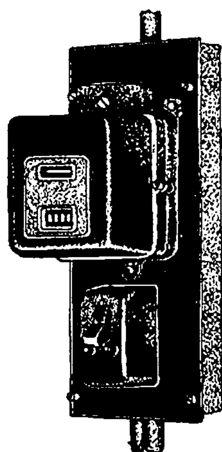


Fig. 228 a. Contor electric

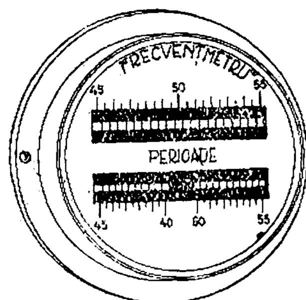


Fig. 228 b. — Frecvențmetru

Numărul rotațiilor făcute într'un anumit timp corespunde numărului de kWh.

Pentru a afla câtă energie s'a consumat într'un interval de timp, de exemplu într'o lună, scădem indicațiile contorului pe

care le citim pe aparat la începutul lunii, din acelea citite la finele lunii.

Aceste contoare, bazate pe principiul *dinamometric*, se folosesc atât pentru curentul continuu cât şi pentru cel alternativ.

Pentru curentul alternativ se întrebuinţează şi *contoare de inducţie*.

Contoarele sunt instrumentele de măsură cu care suntem mai obişnuiţi, căci, în fiecare casă în care este introdusă electricitatea, se găseşte şi un contor care măsoară numărul kWh care au fost consumate într'un anumit timp. Pe baza acestor măsuri se face şi plata.

Contoarele trebue instalate într'un loc ferit de lovire şi totodată lesne de controlat şi de citit.

137. **Alte aparate.** Inafara aparatelor de mai sus mai există numeroase alte aparate pentru diferite măsurători precum *frecvenţmetru*, pentru măsurarea frecvenţei, *fazmetru* sau *cos-metru*, pentru măsurarea decalajului, etc.

Toate instrumentele mai sus arătate sunt instrumente cu *citire directă*. Se construesc însă aparate care înregistrează rezultatele măsurătorilor pe o bandă de hârtie în mişcare; ele se numesc instrumente de *măsură înregistratoare*.

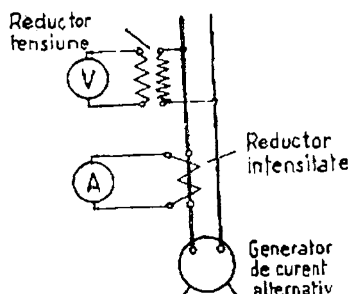


Fig. 229. — Schema reductoarelor de tensiune şi intensitate

Toate aparatele de măsură trebue verificate din când în când, spre a vedea dacă ele mai sunt exacte. Operaţia se numeşte *etalonare*.

In sfârşit, aparatele de măsură se mai împart în *instrumente de precizie*, folosite în special în laboratoare şi *instrumente pentru exploatare*, care au o precizie mai mică

Reductoare de tensiune şi intensitate. Tensiunile şi intensităţile instalaţiilor de curent alternativ sunt deseori prea mari pentru a putea fi măsurate direct.

Se folosesc în aceste cazuri reductoare care coboară tensiunea, de obiceiu la 100 V, precum și transformatoare de intensitate, care reduc curentul la maximum 5 A.

Lămpi de semnalizare. In instalațiile electrice se folosesc deseori lămpi care semnalizează la distanță poziția în care este un aparat; de exemplu dacă un întrerupător este închis sau deschis.

Ele sunt de mare folos.

Intrebări recapitulative

1. Ce mașini electrice cunoașteți?
2. Cu ce aparate se măsoară?
3. Care sunt unitățile de măsură pentru intensitate, tensiune, rezistență, putere și energie (lucru)?
4. Pe ce principii sunt construite ampermetrele și voltmetrele?
5. Care tipuri de aparate se folosesc pentru curentul continuu și care pentru curentul alternativ?
6. Ce tip de aparat este mai des folosit? De ce?
7. Ce este galvanometrul?
8. Cum se instalează ampermetrul?
9. Cum se instalează voltmetrul?
10. Dacă intensitatea curentului este mare, cum se procedează?
11. Dar dacă tensiunea este mare?
12. Cum se măsoară rezistențele în mod obișnuit?
13. Ce procedeu mai exact de măsură cunoașteți?
14. De ce se măsoară izolația instalațiilor?
15. Cu ce aparate se măsoară?
16. Cum se poate măsura puterea în curent continuu?
17. Dar în curent alternativ monofazat?
18. Dar în cel trifazat?
19. Pe ce principiu se bazează aparatele de măsurare a puterii?
20. Pe ce principii sunt construite contoarele?
21. Descrieți contorul de curent continuu.
22. Câte feluri de aparate de măsură sunt?

XIV. MATERIALE PRINCIPALE INTREBUINȚATE IN ELECTROTEHNICA

138. *Metale feroase.* Materialele principale întrebuințate în electrotehnică, adică la aplicațiile electricității, sunt unele *metale,* necesare pentru construcția mașinilor, aparatelor, precum și pentru obținerea conductorilor, *materiale izolante,* și o serie de *materiale ajutătoare.*

Mașinile și aparatele electrice sunt construite în mare parte din materiale feroase.

Din cele învățate, ne dăm seama că o mașină electrică este constituită din următoarele părți principale:

— o parte care formează circuitul magnetic și care este din metal feros;

— o altă parte care formează circuitul electric și care este formată din conducte de cupru sau aluminiu.

Deci, fierul are un rol foarte important în electrotehnică; înafara circuitului, magnetic, tot din metale feroase se fac carcasele, plăcile de fundație, scheletele de mașini, aparate electrice, etc.

Se știe că fierul nu se întrebuințează curat ci în combinație cu alte substanțe, dintre care cea mai importantă este cărbunele. Rezultă astfel diferite aliaje, care se deosebesc prin cantitatea de cărbune conținută.

Fonta este produsul care se obține din minereurile de fier. Sunt două feluri de fontă: cenușie și albă. Din prima se toarnă piese de mașini.

Fonta este din ce în ce mai puțin folosită la construcția mașinilor electrice.

Din fonta albă se fabrică oțelurile.

In general, fontele sunt sfărâmicioase, nu rezistă la tracțiune și nu pot fi forjate.

Oțelurile se obțin mai ales prin topirea fontei albe în cuptoare speciale, unde li se reduce conținutul de cărbune la 0,2—1,7%.

La fabricarea oțelurilor se adaugă diferite alte corpuri după întrebuințarea la care va fi supus aliajul obținut și anume: crom, wolfram, molibden, vanadiu (pentru oțelul de scule) sau: nichel, crom-cupru (pentru oțelurile de construcție).

Aliajele de oțel au multe întrebuințări în electrotehnică. Deosebim fierul și oțelul magnetic de cel nemagnetic.

Primul trebue să aibă: *permeabilitate mare,* adică cu un număr mic de amperspire să se obțină un flux cât mai mare, *remanență magnetică mică,* adică magnetizările și demagnetizările la care este supus în mașinile electrice să se facă repede, iar nu cu întârzieri mari (fenomenul

de întârziere se numeşte hysterezis) şi *rezistenţa mică*, pentru ca pierderile prin curenţi induşi să fie mici.

Diferite corpuri adăugate au influenţe diferite asupra proprietăţilor oţelurilor. Siliciul are o mare importanţă ca adaus, pentru a se obţine tabla de transformator şi de maşini electrice, care este de obiceiu din oţel cu conţinut redus de carbon şi cu 1—4% siliciu.

Pentru socotirea calităţii unei asemenea table serveşte *cifra pierderilor prin inducţie* şi prin alte fenomene, care se dă în waţi pe kg. Cu cât această cifră este mai mică, cu atâta materialul este mai apreciat. Deseori este de 1,3 W/kg.

Grosimea obişnuită a acestor table este de 0,35 şi 0,6 mm. Oţelul cu conţinut de cupru de 0,2—0,3% rugineşte greu şi, deci, are o viaţă mult mai lungă. Oţelurile cu 1—3% mangan sunt întrebuinţate ca electrozi pentru sudură. Oţelurile cu nichel sunt foarte dure. Magneţii permanenţi se fac din oţel care conţine nichel şi unul din metalele: aluminiu, titan, cobalt sau cupru. Oţelul invar, cu un conţinut de nichel de 36‰, are un coeficient de dilatare foarte mic.

Oţelurile cu 3—6% crom servesc ca oţeluri pentru magneţi permanenţi de putere mai mică. Oţelurile cu crom şi nichel rezistă la acţiunea acizilor. Molibdenul ameliorează rezistenţa la temperatură. Adausul de cobalt ridică saturaţia magnetică.

In genere, oţelurile se lucrează bine prin forjare şi laminare. Ele ies din fabrică fie sub formă de table, fie sub formă de oţeluri profilate. Pentru diverse instalaţii electrice se întrebuinţează mai adesea fierul rotund, fierul pătrat, fierul U, fierul cornier, balot şi dublu T. Fierul profilat serveşte pentru executarea diverselor schelete şi carcase.

Denumirile obişnuite ale oţelurilor sunt după modul de fabricaţie: oţel de creuzet, care este curat şi scump, oţel Siemens Martin, oţel electric. Modurile de prelucrare a oţelurilor sunt următoarele: turnare, vălţuire la rece sau la cald, forjare, tragere, stanţare şi presare. Inafară de aceasta nu trebue să uităm diferitele tratamente ale oţelurilor prin încălzire, călire, coacere, recoacere.

139. **Metalele neferoase şi aliajele lor** sunt foarte mult întrebuinţate în electrotehnică.

Cuprul este metalul neferos cel mai important, din care se execută conductorii maşinilor şi diferitelor aparate, conductele electrice şi cablurile. In mod obişnuit este amestecat cu alte metale.

Cuprul întrebuinţat pentru conductele electrice este rafinat şi anume, pe cale electrolitică. Conţinutul de cupru trece de 99,9%. Observăm că alte feluri de cupru, rafinate prin alte procedee termice, deşi au un conţinut de cupru foarte mare şi anume de 99—99,9%, totuşi nu sunt indicate pentru folosinţe electrotehnice căci au o rezistenţă prea mare.

Aceste feluri de cupru rafinat se utilizează pentru plăci de focare de locomotive, benzi, bare, ţevi, etc.

Calitatea de cupru electrolitic este stabilită prin determinarea rezistenţei electrice care nu trebue să treacă de 0,017 48 Ω, pentru un conductor de 1 m, cu secţiunea de 1 mm² la 20° C.

Orice corp străin, dacă este amestecat cu cuprul, îi reduce foarte mult conductibilitatea; astfel, la un conţinut de numai 0,1% fier, rezistenţa se măreşte cu 25%.

Modurile de lucru sunt următoarele: se poate lipi şi se poate suda

autogen și electric (sudură cu arc și sudură prin rezistență), poate fi prelucrat la cald sau la rece, nu poate fi turnat căci obiectele astfel lucrate sunt poroase. Temperatura de topire este 1080°.

O altă calitate importantă a cuprului este aceea că rezistă bine la ploaie, ninsoare etc., prin faptul că se acopere cu un strat subțire de oxid care îl protejează.

Formează diferite aliaje foarte mult întrebuințate, dintre care, în primul rând: alama, din cupru și zinc, bronzul, din cupru și cositor.

In ce privește conductibilitatea electrică cuprul este întrecut numai de către argint, care conduce foarte bine atât electricitatea, cât și căldura.

In sfârșit, mai trebue să notăm că rezistă bine, când este supus la întindere, chiar dacă forța este mare.

Prin diferitele moduri de prelucrare se obține cupru denumit tare, cupru semitare și moale.

La conductele electrice aeriene se întrebuințează numai primele două feluri (lucrate prin laminare la rece) care rezistă bine la forțele mari de întindere. Cuprul tare este întrebuințat la tracțiune până la un efort de 45 kg/mm², pe când cel moale nu poate fi folosit decât până la maximum 21 kg/mm².

Pentru alte conducte electrice se folosește cuprul moale, lucrat la cald.

Pentru lamele de colectori se întrebuințează tot cuprul tare.

Formele sub care se întrebuințează cuprul în electrotehnică sunt: sârme rotunde sau cu secțiune dreptunghiulară, benzi, bare dreptunghiulare și alte forme.

Aluminiul este al doilea material neferos cu mare întrebuințare în electrotehnică. Și aluminiul trebue să fie cât mai curat pentru a avea o rezistență electrică mică și anume, cel mult 1/36=0,02778 ohmi pe metru și mm², la 20 grade C.

Aluminiul împreună cu alte corpuri formează aliaje mult întrebuințate; astfel sunt: duraluminiu din cupru, magneziu, mangan și siliciu (el are o mare rezistență mecanică și de aceea se întrebuințează la construirea avioanelor), aldreyul din aluminiu, magneziu, siliciu și mangan (folosit pentru construirea liniilor electrice), etc.

Aluminiul nu este atacat ușor de agenții atmosferici; este atacat însă de leșii și săruri. In aer se acopere cu un strat subțire de oxid, care îl apără împotriva unei oxidări mai adânci. Această pojghiță este însă foarte rea conducătoare de electricitate și, de aceea, când se leagă două conducte de aluminiu ea trebue să fie îndepărtată.

Aluminiul poate fi prelucrat ușor prin mijloace mecanice, (se laminează și se forjează) și poate fi turnat.

Lipirea conductelor nu este durabilă, sudura însă se poate executa bine dar cu metode și cu un material special.

Aluminiul are o rezistență electrică cu aproximativ 60% mai mare decât a cuprului, însă este mult mai ușor și anume pe când cuprul cântărește 8,9 kg pe dm², aluminiul numai 2,75 kg pe dm². De aceea întrebuințarea aluminiului este avantajoasă, dacă prețul lui este, cel mult, dublul prețului cuprului.

Este indicat pentru a fi folosit, în special, pentru liniile electrice de mare tensiune. Ca să fie destul de rezistent, se construesc deseori conducte având o inimă de sârmă de oțel pe care sunt înfășurate mai multe fire de aluminiu care formează o funie.

Pentru liniile aeriene de joasă tensiune și pentru instalațiile interioare este preferabil cuprul.

Aluminiul moale poate fi întrebuințat la întindere până la un efort de 7—11 kg/mm², iar aluminiul tare (tras la rece) poate fi folosit până la 15—23 kg/mm.

Inafara conductelor din aluminiu se mai fac carcase pentru ventilatoare și pentru unele mașini care trebue să fie ușoare.

Alama, am văzut că este un aliaj al cuprului cu zincul; ea are calitatea de a rezista foarte bine la umezeală, căci nu rugineşte.

Se întrebuințează în special pentru fabricarea pieselor de contact: cleme, papuci, șuruburi, piulițe, etc.

Alama se găsește sub formă de table, bare și tuburi.

Bronzul este și el un aliaj al cuprului, cu rezistență la tracțiune mai mare, se fac inele, roți dințate, bucșe, lagăre, etc. Este folosit ca bronz turnat sau laminat.

Plumbul se întrebuințează în electrotehnică la fabricarea plăcilor de acumulator, a siguranțelor fuzibile, pentru cămașa de protecție a cablurilor.

Cositorul se întrebuințează pentru lipirea conductelor de cupru și pentru cositorirea lor. Cositorul se întrebuințează deseori în aliaj cu plumbul.

Acest aliaj se topește la 182° (pe când plumbul singur se topește la 327°, iar cositorul la 232°); de aceea acest aliaj este mai indicat să fie folosit pentru lipit conductele.

Wolframul sau *tungstenul* se întrebuințează pentru a se face filamentele lămpilor cu incandescență, întru cât se topește foarte greu, la peste trei mii de grade.

Molibdenul se întrebuințează pentru fabricarea suporților filamentelor lămpilor cu incandescență.

140. **Materialele izolante** servesc pentru a separa părțile prin care circulă curentul electric, între ele, de alte corpuri sau de pământ.

Prin urmare, materialele izolante sau izolatoarele împiedecă contactul direct între conducători și, deci, scurt-circuitele.

Izolatoarele trebue să aibă anumite calități, sau *proprietăți electrice*. Ele trebue să aibă o mare rezistență ohmică. Ar trebui să nu lase deloc să treacă curentul electric; totuși, practic, nu se pot găsi asemenea corpuri izolante. Unele lasă să treacă un curent mai mic, iar altele un curent mai mare. Acesta este *curentul de scurgere prin izolanți*. Firește că sunt cu atât mai buni cu cât curentul este mai mic.

Ei trebue să aibă o mare rezistență, la străpungere, adică izolantul trebue să suporte o tensiune electrică cât mai mare, fără ca să permită trecerea unui curent important. La o anumită tensiune izolatorul este străpuns printr'o scânteie electrică. Tensiunea la care se produce străpungerea unui strat izolator de 1 mm se numește *tensiune la străpungere, rezistență la străpungere* sau *rigiditate dielectrică*.

Este necesar ca această tensiune să fie cât mai mare.

Proprietăți mecanice. Izolanții trebue să fie durabili și să reziste la îndoire, lovire, etc.

Proprietăți termice. Se cere unui izolant să aibă *conductibilitate termică* cât mai mare, pentru ca să poată împrăștia lesne, în aer, căldura produsă în conductor prin efectul Joule-Lenz. De asemenea, izolanții trebue să aibă *stabilitate termică*, adică trebue să nu-și piardă calitatea de izolanți chiar la temperaturi înalte.

Proprietăți higroscopice și altele. Cu cât un izolant este mai puțin higroscopic, adică absoarbe mai puțină apă, cu atâta este mai bun. Izolanții nu trebue să fie atacați de acizi.

141. **Diferitele feluri de izolanți.** *Izolanți gazoși.* Cel mai important este aerul. In condițiunile obișnuite de temperatură și presiune aerul nu lasă să treacă curentul electric.

In anumite condițiuni și dacă tensiunea între doi conductori crește, ajunge un moment când aerul este străpuns prin efluvii, care se recunosc după coloarea albăstruie sau violetă din jurul pieselor conducătoare de electricitate. Dacă tensiunea crește mai mult se produce o străpungere a izolantului prin formarea unui arc voltaic.

Izolanți lichizi. Cel mai important este uleiul, cu care se umplu cutiile transformatoarelor, întrerupătoarelor și a altor aparate. Cu uleiu se face și îmbibarea hârtiei folosită ca izolant.

Uleiul, pentru transformatoare în special, trebue să aibă neapărat anumite calități: el este un uleiu mineral fără impurități și mai ales fără apă (apa chiar în cantitate foarte mică îi reduce enorm calitățile izolatoare). Uleiul mai are o calitate, el ia direct căldura dela părțile prin care trece curentul electric și, prin curenți, o pune în contact cu pereții rezervorului sau vasului în care se află și în felul acesta se produce răcirea.

142. Materii izolante solide. *Corpuri minerale :*

a) M a r m o r a se întrebuințează sub formă de plăci groase, la tablouri pentru instalațiile de joasă tensiune (forță și lumină).

Sunt marmore de diferite feluri; preferabilă este marmora albă, fără vine. Acest material izolant poate fi ușor prelucrat (găurit și șlefuit), are o rezistență electrică destul de mare și nu este combustibilă. Partea din față pe care se așază siguranțele și alte aparate electrice se șlefuește.

b) A r d e z i a. Se întrebuințează ca izolant, în formă de plăci, pentru întrerupătoare, la siguranțe de joasă tensiune, etc.

c) A s b e s t u l are marea calitate de a rezista la temperaturi înalte. Din el se fabrică panglici, funii, carton, etc., folosite pentru izolarea înfășurărilor mașinilor electrice și la diverse aparate. Deoarece asbestul absoarbe apa, el trebue să fie acoperit sau îmbibat cu lacuri și rășini.

d). M i c a este un mineral care se desface în foi foarte subțiri, rezistă la temperaturi înalte și nu absoarbe apa.

Deoarece în natură, în general, nu se găsesc decât plăci de o suprafață mică, pentru a putea fi folosită ca izolant, trebue să fie preparată în mod special. Asafel sunt: m i c a n i t a, formată din bucățile de mică lipite cu un lac, m i c a f o l i u, format din hârtie, pe care este lipit un strat de mică, și altele.

Diferitele preparate de mică sunt întrebuințate la mașinile electrice pentru izolarea rezistențelor aparatelor de încălzire, etc.

Materiale ceramice. Dintre materialele ceramice, cel mai întrebuințat este p o r ț e l a n u l. Din porțelan se fabrică diferite piese pentru joasă tensiune, ca socluri, mânere, suporți de înfășurări, izolatori pentru conducte electrice. Pentru înaltă tensiune porțelanul este folosit la fabricarea izolatorilor de diverse tipuri, pentru atârnat firele electrice, sau pentru susținerea părților conducătoare ale aparatelor electrice: separatoare, întrerupătoare, etc. Porțelanurile se fabrică din caoline și anumite argile. Materia primă este fărâmițată și măcinată fin, apoi amestecată bine cu apă. Particulele de fier, care s'ar găsi în materia primă și care micșorează rezistența izolatorului, sunt înlăturate cu ajutorul unor electro-

magneţi puternici. Masa, astfel preparată, capătă forma necesară prin diferite prelucrări, prin rotire, turnare şi presare.

După aceasta, corpurile, astfel preparate, sunt uscate şi încălzite la circa 850°; părţile care trebue protejate special sunt acoperite apoi cu anumite substanţe şi sunt supuse la temperaturi înalte de circa 1450°. Îmbrăcămintea se vitrifică prin încălziri şi dă glazura.

S t e a t i t u l este un alt material ceramic, care se face din o piatră de talc arsă la temperaturi înalte. Este întrebuinţat pentru mici piese de instalaţii.

S t i c l a este tot un produs ceramic. Se întrebuinţează la fabricarea izolatoarelor de linii electrice pentru telefoane. Este un izolant inferior porţelanului.

143. **Izolanţi din fibre.** Se folosesc *fibre naturale*, obţinute din plante: cânepă, in şi bumbac, precum şi fibre de origine animală, lână şi mătase naturală.

Bumbacul este izolantul întrebuinţat pentru conductorii maşinilor electrice. El este impregnat cu o materie care îi sporeşte puterea izolantă şi îl apără de umiditate.

Pentru a se spori puterea maşinilor electrice s'a căutat a se folosi, în unele cazuri, izolanţi care să reziste la temperaturi mai înalte decât bumbacul.

S'au executat ţesături de asbest şi de sticlă. Acestea au avantajul că nu ard şi rezistă la temperaturi înalte; ţesătura de sticlă mai are şi avantajul că este foarte fină.

Înafara fibrelor naturale se întrebuinţează mult şi *fibre artificiale*. Ele se împart după lungimea firului în mătase artificială şi celofibră.

Mătasea artificială este din fire lungi şi strălucitoare.

Celofibra este făcută dintr'un amestec de fibre, cu lungime de 5—15 cm, şi care sunt făcute din celuloză. Materia primă pentru fibrele artificiale este celuloza. In compunerea bumbacului ea este aproape curată, în lemn, dimpotrivă; este legată cu lignina. Prin tratamente chimice se poate libera de lignină. In urmă, celuloza este disolvată în anumite substanţe şi apoi este împinsă prin site prin care ies firele. Disolvantul este îndepărtat prin evaporare sau prin băi speciale.

Fibrele de celuloză se deosebesc după disolvantul întrebuinţat.

144. **Izolanţi din materiale obţinute artificial.** a) *Pe bază de albumină*, cu adaos de formaldehidă, se obţin diferite materiale cunoscute sub numele de galalit, sirolit, etc.

b) *Pe bază de celuloză* se obţine fibra şi anume din materie fibroasă obţinută din arbori sau din hârtie de celuloză, tratată cu anumiţi agenţi chimici, precum clorura de zinc. Materialul obţinut se poate prelucra la strung, se poate găuri, etc.

C e l u l o i d u l este făcut din nitroceluloză, este uşor de prelucrat, dar are desavantajul că este combustibil.

C e l o n u l este obţinut tot pe bază de celuloză şi se aseamănă celuloidului.

c) *Policondensate.* Se întrebuinţează o serie de substanţe cunoscute sub numele de răşini naturale. Astfel este: c o l o f o n i u l (sacâzul) extras prin distilare de răşină de brad, c o p a l u l dintr'un arbore din regiunea tropicală şi s h e l l a c u l (citeşte şelac), care este datorit înţe-

păturilor pe care le face o insectă în unii arbori din India. Asemenea rășini sunt întrebuințate disolvat și, cel mai adeseori, cu scopul de a lega alți izolanți, de a impregna, etc.

S'a constatat că unele corpuri prin diverse tratamente chimice pot fi transformate în substanțe asemănătoare cu rășinile și care au fost numite *rășini artificiale*. Ele se obțin în special din *fenol* și *formaldehidă*. Intre acestea cea mai importantă este b a c h e l i t a obținută din formaldehidă și fenol tratați cu amoniac sau var stins. Din bachelită se fac, prin presare, capacele de întrerupătoare, mânere, etc.

O altă rășină este g l y p t a l u l, care este folosit ca material de legătură pentru a lipi mica și a se obține micanitul.

d) *Polimerizate*. Prin polimerizarea moleculelor se obțin de asemenea mase plastice. Astfel este t r o l i t u l sau p o l i s t i r o l u l, c l o r u r a d e p o l i v i n i l, care este cunoscută sub numele de i g e l i t sau m i p o l a n.

145. **Cauciucul** este o **hidrocarbură naturală, adică** un corp compus din cărbune și hidrogen. El se găsește în sucul lăptos al unor plante din regiunea ecuatorului. Cauciucul natural se disolvă în uleiuri, eter, petrol, etc. El nu se poate întrebuința în electrotehnică, deoarece încălzit la 50—60° devine moale și lipicios, iar peste 100° devine lichid. Sub 10° este sfărâmicios.

Pentru ca să-și păstreze proprietățile de elasticitate și tărie între —20° și 100°, se amestecă cu sulf în proporție de 5—20%. Acesta este cauciucul vulcanizat, care are și rezistență mecanică și este și elastic. Acest cauciuc servește la izolarea conductorilor și cablurilor, la fabricarea benzilor izolante.

In contact cu cuprul îl atacă, deoarece conține sulf. De aceea, la fabricarea conductelor izolate, primul strat este de cauciuc natural.

Cauciucul este un foarte bun izolant dar nu se întrebuințează la izolarea conductelor din mașinile electrice pentrucă se disolvă în uleiu (deci în cazul transformatoarelor nu poate fi folosit) și apoi, fiind elastic, nu asigură executarea unor înfășurări destul de solide.

Ebonita. Cauciucul vulcanizat cu mult sulf dă ebonita care se lucrează ca și lemnul. Se întrebuințează foarte mult la fabricarea aparatelor electrice; are însă desavantajul că arde.

Pe lângă cauciucul obținut pe cale naturală mai există și cauciuc obținut artificial, care, uneori, are calități mai bune decât cel natural.

Gutaperca. Se obține din seva unui arbore din regiunile calde; se întrebuințează la izolarea cablurilor.

146. **Diverși izolanți compuși.** *Pertinaxul*, care este o placă din straturi de hârtie, impregnate cu bachelită și presate la cald; *textolitul* din straturi de țesături de bumbac impregnate; *faneritul* (dela cuvântul rusesc fanera = placaj) se face prin presare la cald a unor foi de placaj între care s'a interpus hârtie impregnată cu bachelită.

Cartonul comprimat (presspan) este foarte mult folosit la mașinile electrice.

Mai bun este *leteroidul*, care este carton tratat chimic.

Bitumul și *asfaltul* sunt buni izolanți dar au desavantajul de a se topi la o temperatură joasă.

147. **Tratarea materialelor izolante.** Am văzut din cele mai sus arătate că unii izolanți pot să fie folosiți aproape în starea în care îi găsim în natură, cum este cazul marmorei. Alții trebue să sufere prelucrări industriale, uneori destul de importante: cauciucul, rășinile, etc.

Trebue să atragem atenția în mod special că unii dintre izolanți ca materiile fibroase, hârtia, mica, au o preparare anumită și anume prin impregnare cu o materie izolantă introdusă în formă lichidă. Scopul acestei impregnări este de a umple spațiile lor libere foarte mici care, altfel, ar rămâne umplute cu aer, ceea ce le-ar micșora mult puterea izolantă, mai ales că asemenea corpuri pot ușor absorbi apa.

Impregnarea se poate face prin simplă *cufundare*, prin impregnare în *vid* sau sub *presiune*. Materialele de impregnare sunt variate: uleiu mineral, bitum, rășini naturale și artificiale (între care în special schellacul, lacuri, etc.).

Progresele sovietice din ultimul timp în domeniul izolației sunt importante și interesante. Astfel au apărut izolanți ca:

Materiale din fibră de sticlă. Sticla se trage în fire foarte subțiri de 0,005 mm, dintr'un kg scoțându-se 20 000 km fire. Se remarcă prin rezistență la temperaturi înalte și la agenți chimici.

Viniflex care este un email sintetic preparat de profesorul sovietic K. A. Andrianov, este un material sintetic foarte durabil întrebuințat pentru bobinaj.

Pelicule sintetice pentru izolanți între bobinaj și corpul mașinii.

Lacuri silicon. In institutul chimico-tehnologic „Mendeleev" din Moscova s'au obținut interesante combinații chimice între siliciu și materii organice, cum sunt disilocsanul, polisilocsanul, etc.

In U.R.S.S. din aceste substanțe se fabrică grupurile de materiale cunoscute sub numele: micanită, textolit, lac izolant.

Intrebări recapitulative

1. Care sunt principalele feluri de materiale întrebuințate în electrotehnică?
2. Care sunt întrebuințările mai importante ale materialelor feroase?
3. Cum se execută părțile mașinilor străbătute de flux variabil?
4. Ce condiții trebue să îndeplinească fierul și oțelul magnetic?
5. Prin ce dată se caracterizează tabla pentru transformatoare și mașini electrice?
6. Ce calități electrice are cuprul? Comparați-l cu aluminiul.
7. Comparați aluminiul și cuprul din punct de vedere al proprietăților mecanice.
8. Care sunt întrebuințările electrotehnicei la care cuprul este mai bun decât aluminiul?
9. Cum trebue să fie prelucrat cuprul pentru diferite scopuri?
10. Din punct de vedere al rezistenței la acțiunea agenților atmosferici, cum este cuprul și cum este aluminiul?
11. Ce greutăți prezintă legarea conductorilor de aluminiu?
12. Ce întrebuințări are în electrotehnică alama, bronzul, plumbul, cositorul, wolframul, molibdenul?
13. Ce sunt izolatoarele?
14. De câte feluri sunt?
15. Ce proprietăți trebue să aibă?
16. Numiți câteva izolatoare ale căror rigiditate dielectrică este mai mare.

17. Ce fel de izolant este aerul?
18. Care sunt proprietățile uleiului?
19. Numiți principalii izolanți minerali.
20. Care sunt utilizările lor?
21. Arătați care sunt izolatoarele din fibre naturale. Ce întrebuințări au?
22. Numiți fibre artificiale.
23. Ce rășini naturale sunt folosite?
24. Ce rășini artificiale cunoașteți?
25. Ce este cauciucul?
26. Cum se prelucrează cauciucul pentru a fi folosit in electrotehnică?
27. De ce nu se întrebuințează cauciucul ca izolant la transformatoare și mașini electrice?
28. Ce măsură se ia la folosirea cauciucului vulcanizat, ca izolant pentru conductele electrice?
29. Ce este ebonita? Gutaperca?
30. Pentru ce scopuri se folosesc izolatoarele ceramice?

PARTEA II

APLICAȚIILE ELECTRICITAȚII

XV. CENTRALE ELECTRICE

148. **Generalități asupra centralelor electrice.** Intrebuințările electricității sunt foarte numeroase. Aproape nu mai există vreun fel de activitate productivă care să nu aibă nevoie de electricitate. De aceea se cer să fie produse cantități din ce în ce mai mari de electricitate.

Industrializarea R. P. R., desvoltarea folosirii electricității la orașe, introducerea ei în agricultură etc., necesită cantități importante de energie electrică.

Producerea electricității se face în *centrale electrice*.

Centralele mari produc *curent alternativ* și anume *trifazat*. Numai centralele mici se mai construesc pentru a produce curent continuu.

Ne vom ocupa de centralele de curent alternativ.

O centrală electrică are urmatoarele părți principale:

Partea mecanică: pentru producerea forței mecanice cu ajutorul motoarelor.

Partea electrică: pentru transformarea forței mecanice în energie electrică, cu ajutorul generatoarelor electrice, și instalații pentru dirijarea energiei spre locurile de utilizare.

Părți auxiliare: pentru ateliere, depozite, etc.

Centralele se deosebesc din diferite puncte de vedere. Cea mai importantă clasificare este din punctul de vedere al modului de producere al forței mecanice.

Energia mecanică poate fi produsă de două feluri de motoare:

1. *Motoare termice* (maşini cu abur sau turbine cu abur; turbine cu gaze; motoare cu ardere internă — cu explozie sau Diesel).

2. *Motoare hidraulice* (turbine cu apă, denumite şi turbine hidraulice).

Centralele cu motoare din prima categorie se numesc *centrale termoelectrice,* iar cele cu turbine cu apă se numesc *centrale hidroelectrice.*

Motoarele Diesel, pentru a funcţiona, consumă motorină sau păcură. Maşinile sau turbinele cu abur sunt acţionate de aburi produşi în cazane; cazanele sunt încălzite cu cărbuni, gaze combustibile, lemne sau păcură. Turbina cu gaze consumă gaze sau păcură. Cărbunii, păcura, motorina, gazele şi lemnele sunt „combustibili". *Deci centralele termoelectrice consumă combustibili.*

Turbinele cu apă sunt puse în funcţiune de puterea apelor care cad dela înălţime.

Puterea este cu atât mai mare cu cât înălţimea de cădere şi debitul (adică volumul de apă care cade într'o secundă) sunt mai mari.

Centralele hidroelectrice nu au deci nevoie de combustibili. Ele folosesc puterea apelor care nu se epuizează niciodată. In adevăr, apele râurilor ajung în cele din urmă în mări şi oceane. Parte din apă se evaporează şi se transformă în nori. Aceştia dând de pături de aer mai rece se condensează şi formează ploi şi zăpezi; fenomenul are loc în special în regiunea muntoasă. In felul acesta apa s'a reîntors în râu şi îşi continuă apoi acelaşi drum pe care l-a mai făcut. Deci apa pe suprafaţa pământului face un circuit închis. De aceea energia apelor nu se epuizează niciodată.

Nu tot aşa stau lucrurile cu combustibilii. Aceştia s'au format în interiorul scoarţei pământului, în epocile de mult trecute, când condiţiunile erau potrivite.

Astfel, cărbunii s'au format din vegetaţia foarte bogată care acum câteva milioane de ani acoperea suprafeţe mari ale pământului, până în regiunile cele mai depărtate de ecuator. Prin urmare, pe acea vreme, era şi căldură şi umezeală destulă fapt care favoriza creşterea vegetaţiei.

Arborii rupţi sau doborîţi, şi aceştia erau desigur foarte

mulți atunci, erau cărați de ape în lacuri de ape dulci sau în lagune de mare.

Acoperit de nămol, lemnul ferit de aer nu a putrezit, dar diferitele părți componente s'au distrus, rămânând numai carbonul.

Zăcămintele de cărbuni și de păcură, lesne de scos din pământ nu se găsesc în prea multe locuri pe suprafața globului.

Odată scoși și consumați, acești combustibili nu se mai refac. Deci *energia combustibililor este epuizabilă spre deosebire de energia apelor.*

Energia apelor constitue un mare izvor de bogăție, care trebue folosit.

Prin urmare este în interesul fiecărei țări să folosească cât mai mult puterea apelor și să restrângă cât mai mult consumul combustibililor. Combustibilii pot să fie mai bine întrebuințați în alte scopuri.

Astfel păcura în loc de a folosi drept combustibil în centrale, este mai bine folosită când e transformată în benzină și într'o mulțime de alte produse.

Lemnul poate să fie folosit mai bine pentru construcții, mobile, etc., în loc să fie ars.

De asemenea cărbunii pot fi transformați în foarte multe produse chimice, sau pot fi folosiți în metalurgie.

Totuși sunt cărbuni care nu au calități pentru a scoate din ei corpuri folositoare, sau pentru a fi întrebuințați în siderurgie. Aceștia sunt ligniții cu putere calorică mică.

Asemenea ligniți avem în multe locuri din țară. In compunerea lor ei au, înafară de cărbune, unele corpuri străine și apă. Transportul le mărește prea mult costul față de valoarea redusă pe care o au din punct de vedere al puterii de încălzire.

De aceea, folosirea lor cea mai avantajoasă este cât mai aproape de gura minei din care se scot.

Planul de Stat pe cinci ani al R. P. R. prevede construirea mai multor centrale mari hidroelectrice și a unor centrale termoelectrice, în care se vor arde ligniți inferiori, pentru a produce vaporii necesari mișcării turbinelor cu vapori.

Partea mecano-termică

149. **Centrale cu motoare Diesel.** O asemenea centrală se compune dintr'o clădire cu mai multe încăperi. In una din ele, *sala maşinilor*, sunt instalate motoarele Diesel care învârtesc generatoarele electrice.

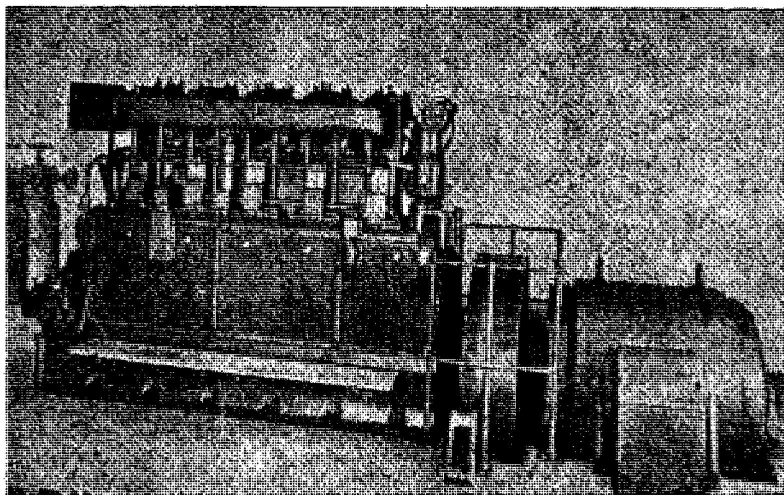


Fig. 230. — Centrală cu motoare Diesel. Sala maşinilor

Pentru depozitarea păcurei sau a motorinei sunt necesare *rezervoare*, care de obiceiu se fac din tablă.

Dela rezervoare, combustibilul lichid este adus prin conducte, cu ajutorul pompelor, la motoare.

Prin funcţionare, motoarele se încălzesc. Ele trebue răcite cu apă. Apa încălzită este adusă la *răcitoare*. De acolo, cu ajutorul pompelor este adusă din nou la motor.

Fiecare uzină mai are încăperi pentru atelier, magazie, birouri.

150. **Centrale cu turbine cu vapori.** Centralele mai importante sunt de acest fel. Clădirea unei asemenea centrale cuprinde părţile principale mai jos arătate:

O sală în care sunt instalate cazanele, în care se produc vapori de apă, la mare presiune şi la mare temperatură.

Cu mai mulţi ani în urmă, presiunea vaporilor obţinuţi nu trecea de 25 atmosfere; astăzi se folosesc în centralele mari presiuni de 55, 65 şi chiar peste 100 atmosfere, iar temperatura de încălzire trece de 500°.

In felul acesta s'a ajuns la randamente din ce în ce mai mari pentru cazane şi turbine.

Căldura pentru evaporarea apei este obţinută prin arderea, în focarul cazanului, a unui combustibil, de obiceiu cărbuni.

Centralele mari consumă mari cantităţi de cărbuni. Aducerea lor necesită legătura cu liniile de cale ferată, loc de depozitare şi instalaţii care să aducă cărbuni din depozit până la focarul cazanului. Acest transport se face de obiceiu prin bande transportatoare.

O bună ardere a cărbunilor de calitate inferioară se obţine prin măcinarea în mori şi pulverizarea lor.

In felul acesta sunt introduşi în cazan printr'un curent de aer.

Sunt apoi necesare instalaţii pentru scoaterea cenuşei rezultate prin ardere. Cantităţile de cenuşă care rezultă, mai ales dela arderea cărbunilor inferiori, sunt foarte mari şi trebue instalaţii speciale pentru a le evacua şi transporta.

Vaporii produşi de cazane trec prin ţevi de oţel în sala maşinilor unde sunt instalate turbinele. Planul legăturilor este astfel ca orice turbină să poată fi alimentată de orice cazan, măsură necesară pentru a asigura funcţionarea chiar în cazul defectărei unui cazan, al unui ventil, etc

O turbină cu vapori funcţionează după principiul arătat în fig. 233.

Vaporii la mare presiune ţâşnesc printr'o ţeavă subţire (numită duză). Ţâşnitura are o mare iuţeală. In drumul ei loveşte paletele unei roţi pe care o învârteşte.

Vaporii lovesc apoi paletele unei a doua roţi, fixată pe acelaşi arbore, şi aşa mai departe, această acţiune se repetă cu mai multe roţi (numite rotori).

După ultima, vaporii, care au pierdut foarte mult din forţa lor (presiune), trec într'un vas cilindric aflat sub turbină, spre

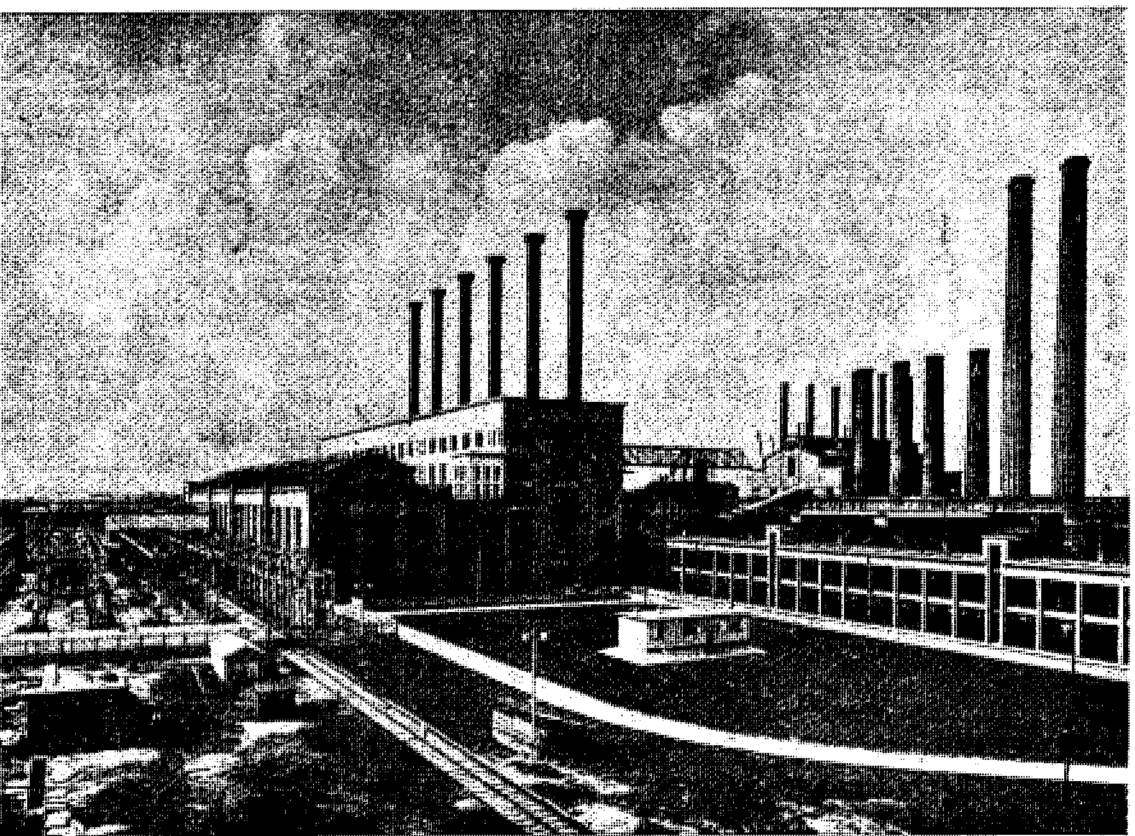


Fig. 231. — Centrală cu vapori. Vedere exterioară

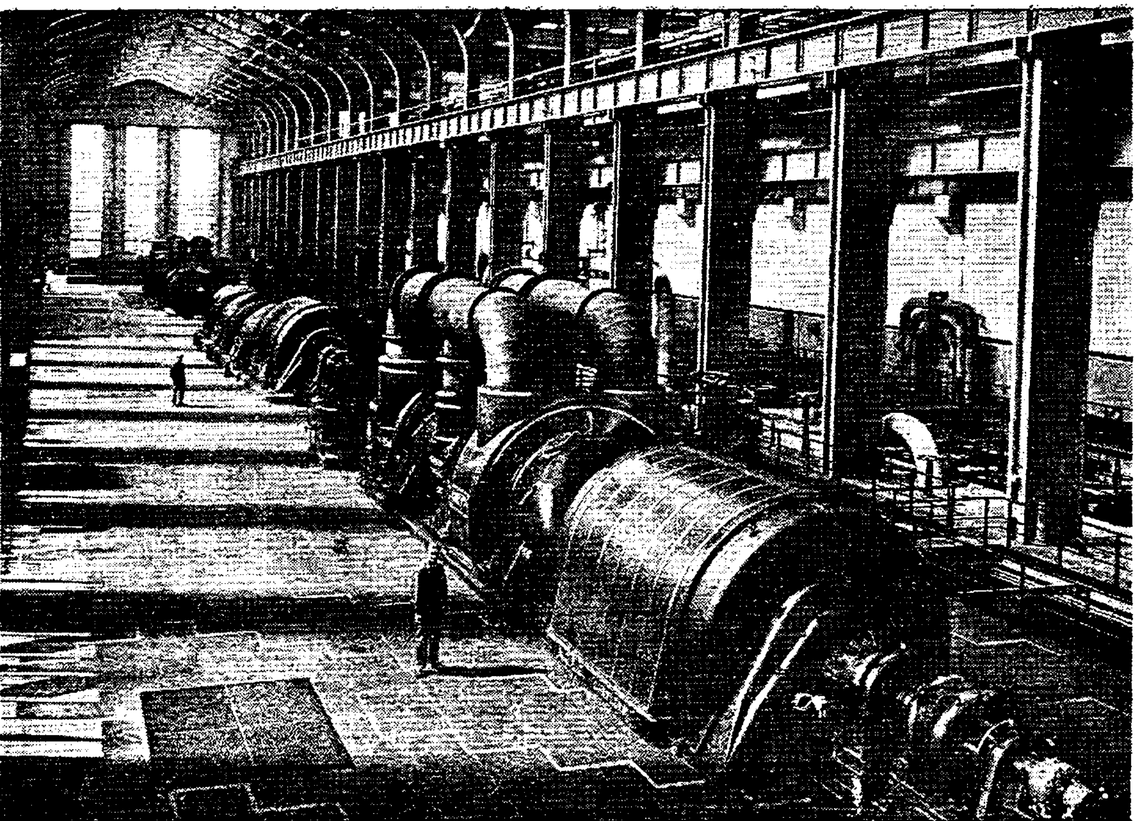


Fig. 232. — Centrală cu vapori. Sala mașinilor

a se condensa. Acesta este răcit încontinuu cu apă și se numește *condensator*.

In condensator este menținută o presiune foarte mică, de 0,04—0,07 atmosfere, deci mai puțin decât presiunea atmosferică. Spunem că în condensator este menținut un vid înaintat.

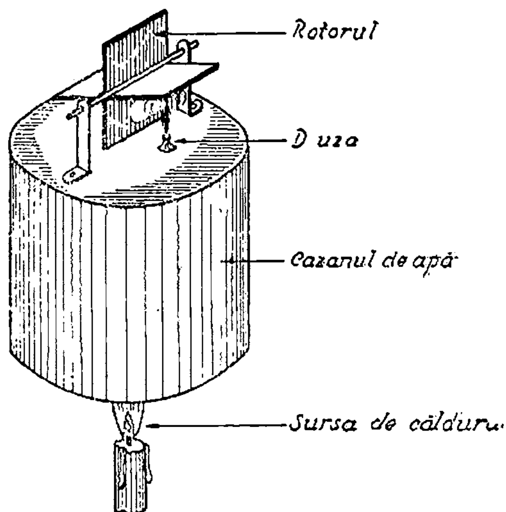


Fig. 233. — Principiul turbinei cu vapori cu acțiune

Apa condensată este împinsă din nou în cazane cu ajutorul unor pompe; acolo se evaporează iarăși și ajunge apoi din nou la turbină, și așa mai departe.

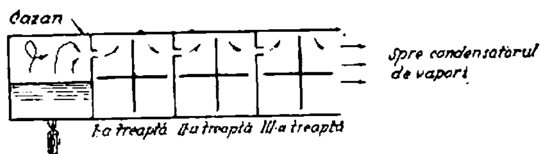


Fig. 234. — Schema unei turbine

Deci apa de alimentare a cazanelor are un circuit închis.

Apa de răcire a condensatoarelor are și ea un circuit închis. In contact cu condensatorul se încălzește, cu ajutorul pompelor este dusă la un răcitor, compus dintr'un basin, deasupra căruia se găsește un coș înalt, în formă de turn. Apa caldă este lăsată

să cadă în basin, dela o anumită înălțime și vânturată prin împrăștiere. Această mișcare și tirajul coșului ajută la răcire. Apa răcită se strânge într'un basin, de unde este dusă din nou la condensatoare și așa mai departe. *Deci și apa de răcire are un circuit închis.*

S'a constatat că se obțin rezultate mult mai bune dacă apa introdusă în cazane este mai întâi încălzită. Această preîncălzire a apei de alimentare se face chiar cu aburi luați din turbină și anume cu acei aburi care au acționat asupra primelor roți și care, deci, au pierdut o parte din presiunea lor.

Transformările de energie și mișcare a aburului într'o centrală termoelectrică sunt arătate în graficul alăturat.

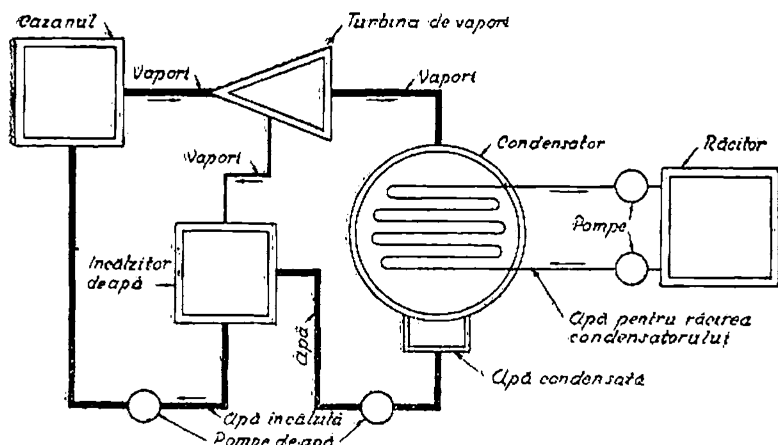


Fig. 235. — Schema termică a unei centrale

Energia conținută în cărbuni este transformată în căldură care se regăsește în vaporii de apă la mare presiune și înaltă temperatură. La această transformare sunt unele pierderi: o mică parte din combustibil se pierde cu cenușa, o parte din căldură se pierde în gazele arse care pleacă pe coș și în sfârșit altă mică parte se pierde prin radiația cazanelor și prin alte căi.

Deci din energia conținută în cărbuni, numai o parte ne dă rezultat folositor.

Raportul între cantitatea de căldură obținută în mod folositor

şi cantitatea de căldură consumată prin arderea combustibilului se numeşte *randamentul cazanului*.

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_a}$$

Qu este cantitatea de căldură utilă pe care o au vaporii produşi.

Qa este cantitatea de căldură a combustibilului folosit.

Căldura conţinută în vapori este transformată în turbină în lucru mecanic.

Ştim că dintr'o kilocalorie se obţin $\frac{1}{426}$ kgm. Nu toată căldura ajunsă prin vapori la turbină poate fi transformată în lucru mecanic, deoarece şi aici sunt pierderi: cele mai importante sunt pierderile de căldură prin transformarea vaporilor în apă, operaţie care se face în condensator; apoi pierderi prin radiaţia corpului turbinei, etc

Dar nici tot lucrul mecanic produs nu este util ci numai o parte, restul fiind pierdut prin frecare, ventilaţie, etc. Deci, şi la turbină vom avea un randament.

In sfârşit ştim că generatorul electric are şi el pierderi.

Am aflat, când am studiat efectul Joule-Lenz, că unui kWh îi corespund 860 de calorii.

Ar însemna că, pentru a produce un kWh, trebue să consumăm o cantitate de combustibil care poate da această căldură.

Din cauza multelor pierderi mai sus arătate, în practică este nevoie de o cantitate de căldură cu mult mai mare şi anume de cel puţin de trei ori mai mare.

In centralele electrice cele mai perfecţionate se consumă aproximativ 3000 calorii pentru a produce un kWh.

Deci randamentul total este :

$$\eta = \frac{860}{3000} = 0{,}286$$

Adică, mai mult de 70% din căldura obţinută din combustibili se pierde. Cea mai mare pierdere este în condensator

S'au făcut continuu perfecţionări la cazane, turbine, etc. pentru a se mări randamentul total al unei centrale termoelectrice.

Cu cât cazanele și turbinele sunt de putere mai mare, cu atâta randamentul lor este mai mare.

S'au construit în U.R.S.S. centrale termoelectrice cu turbine de câte 100 000 kW și chiar mai mult.

Se construesc centrale cu o putere de 100 000, 200 000 și 300 000 kW.

Servicii auxiliare. In centralele termoelectrice moderne, înafara instalațiilor principale, cazane și turbine, mai sunt multe instalații auxiliare: pompe pentru alimentarea cu apă a cazanelor, pompe pentru apa de răcire a condensatoarelor, morile pentru măcinat cărbunele, instalațiile pentru mișcat benzile de transportul cărbunelui, pentru evacuarea cenușei și sgurei, poduri rulante, ascensoare, asigurarea tirajului coșului, etc.

Pentru a fi acționate, toate acestea cer energie, deci din producția unei centrale o parte se consumă pe loc.

In regimul economiei planificate trebue dusă cea mai hotărîtă luptă pentru reducerea la maximum a consumului propriu al uzinelor, coeficientul de reducere fiind un indicator al bunei organizări și al chibzuitei gospodăriri a uzinei.

In centralele mai vechi, unele din serviciile auxiliare erau executate de oameni: de exemplu transportul cărbunilor, scoaterea cenușei, etc.

Am arătat că o centrală termoelectrică are nevoie de apă, pentru alimentarea cazanelor. Dar cantități cu mult mai mari sunt necesare pentru răcirea condensatoarelor.

Dacă în apropierea centralei este un râu, se ia apa de răcire de acolo și se trece prin condensator.

Dacă nu este o apă curgătoare se întrebuințează aceeași apă în circuit închis, după cum am arătat, răcirea făcându-se cu ajutorul turnurilor de răcire.

Sistemul acesta este mai scump căci trebue pompe care să împingă cantitățile mari de apă necesară.

De aceea se caută întotdeauna să se așeze centralele termoelectrice în apropierea unui râu.

Supravegherea funcționării centralei. O centrală termoelectrică are numeroase aparate care arată modul cum funcționează diferitele instalații.

Acestea sunt așezate pe tablouri, în sala cazanelor sau în camere separate. In centralele mari aparatele de control și su-

praveghere au un rost dintre cele mai importante. Camera în care sunt instalate, numită cameră de „comandă”, se face de multe ori comună şi cuprinde atât aparatele de supraveghere pentru cazane şi turbine cât şi aparatele care supraveghează şi comandă partea electrică.

Energia electrică produsă de marile uzine termice cu turbine cu aburi este mai ieftină decât aceea produsă cu motoare Diesel. In plus, asemenea uzine pot folosi cărbuni de calitate inferioară, din care avem mari cantităţi, şi cărora nu le putem da o altă utilizare mai bună.

151. **Centralele hidroelectrice.** Centralele hidroelectrice se aseamănă întrucâtva cu morile de apă. Se compun din turbine care sunt nişte roţi cu palete, mişcate de puterea apelor. Această putere este cu atât mai mare, cu cât debitul este mai mare, şi cu cât înălţimea dela care cade pe roată este mai mare.

Locul unei centrale hidroelectrice se alege de obiceiu pe un râu repede de munte, care are deci o diferenţă de nivel mare între două puncte. Asemenea râuri de munte în general nu au debite mari. O uzină de acest fel va folosi deci un debit mic într'o cădere de înălţime mare.

Alte centrale hidroelectrice sunt instalate pe porţiunea râurilor din regiunea dealurilor sau chiar din câmpie. In aceste locuri panta râului nu mai este mare în schimb, însă cursurile au debite mari, căci până acolo au primit mulţi afluenţi.

Centralele hidroelectrice instalate pe asemenea porţiuni de râu se vor caracteriza deci prin *înălţimi mici de cădere, dar prin debite mari*. In ţara noastră avem multe râuri de munte pe care se pot construi centrale hidroelectrice cu mare cădere.

De asemenea avem locuri potrivite şi pentru construirea de centrale de joasă cădere. Dintre acestea din urmă notăm centralele hidroelectrice care se pot construi pe Dunăre, în regiunea Porţilor de Fier şi mai în sus, a căror putere va fi foarte mare.

Să descriem cum este construită o centrală hidroelectrică.

Intr'un loc potrivit pe râu se construeşte un stăvilar (baraj) care opreşte curgerea apei mai departe. Asemenea stăvilare se fac de cele mai multe ori din beton. Ele sunt deci nişte ziduri, care se întind dela un mal la altul. Uneori stăvilarul se construeşte prin îngrămădire de piatră sau de pământ. In astfel de cazuri trebue să se facă pe deasupra o îmbrăcăminte specială de

beton, pentru ca să nu treacă apa. Stăvilarele acestea se construesc din ce în ce mai înalte, pentru ca îndărătul lor să se poată strânge cât mai multă apă. S'au construit stăvilare care trec de 200 m.

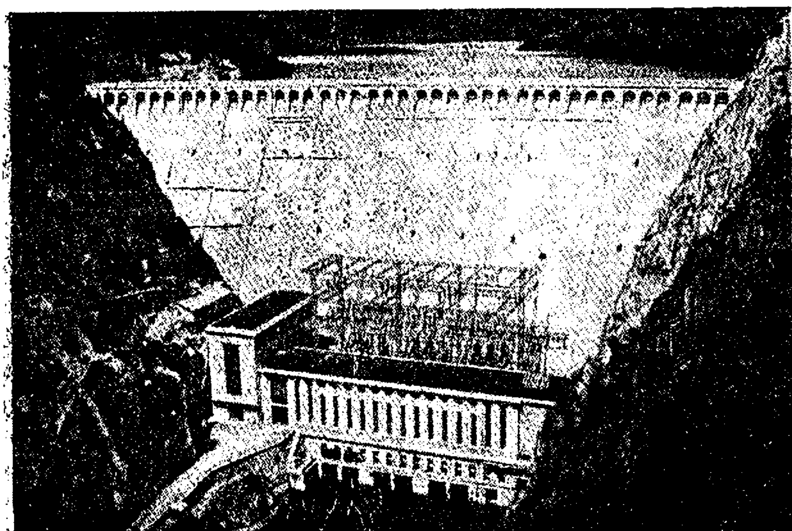


Fig. 236. — Baraj

Executarea stăvilarelor este în general o lucrare grea; trebue găsite locuri potrivite, cu maluri destul de solide, în care să se lege zidul stăvilarului; fundaţiile trebue să fie pe pământ stabil şi de aceea trebue săpate la mare adâncime, uneori la 10, 15 m şi chiar mai mult

Nu toată apa râului poate fi strânsă în lacul care se formează îndărătul barajului, o parte este lăsată să curgă în albia râului, peste o muchie a zidului numită *deversor*. Apa căzând peste un asemenea deversor dela o mare înălţime poate să producă stricăciuni serioase la baza barajului. De aceea, executarea deversorului trebue făcută după anumite reguli tehnice. Dar trebue să mai spunem şi altceva despre deversor: uneori apele râului vin extraordinar de mari, după ploi sau după topirea zăpezilor. Dacă nu ar fi deversorul, ele ar inunda terenurile şi ar

putea chiar să producă distrugerea barajului. De aceea deversorul trebue să fie calculat în aşa fel, încât peste el să poată trece lesne chiar cele mai mari ape ale râului.

Uneori stăvilarul are nişte porţi, care se pot ridica şi se pot lăsa în jos după voie. Ele se numesc *vane* şi sunt de diferite forme. La apele mari, vanele sunt ridicate în sus şi apa poate trece lesne. Vanele sunt puse în mişcare cu motoare electrice; se construesc însă şi vane care se mişcă singure după cum este nivelul apei: dacă apele cresc, vana se lasă în jos şi lasă trecerea liberă, dacă apele scad, vana se ridică în sus. Acestea se numesc *vane automate*.

Ce se face cu apa strânsă în lac? Dela această reţinere pleacă un canal care, pe cât se poate, merge aproape orizontal până într'un loc, de unde apa va porni repede spre centrală. Canalul poartă numele de *conductă de aducţiune*. Această conductă poate fi făcută în mai multe feluri. Uneori este o galerie sau tunel, săpată în stâncă, alteori o conductă de beton armat sau o conductă de metal, sau chiar o conductă din doage de lemn, legate bine cu cercuri de oţel. Conducta de aducţiune poate să fie, în unele cazuri, şi un simplu canal deschis de beton sau chiar de lemn.

La capătul de jos al conductei de aducţiune se contrueşte o *cameră de apă*. De acolo pleacă una sau mai multe conducte care duc apa la turbinele centralei. Ele merg pe drumul cel mai scurt, pe *linia de cea mai mare pantă*, (dacă am merge în sus, pe drumul unei asemenea conducte am spune că am luat coasta în piept). Inălţimea dela care coboară apa dela camera de apă până la centrală este *căderea de apă a centralei*. Prin urmare, lucrările care le-am descris până acum au de scop să capteze apa şi s'o aducă până la camera de apă. In felul acesta s'a creat în mod artificial o cădere de apă. Prin urmare trebue să ţinem seama că atunci când se vorbeşte de căderi de apă la centrale hidroelectrice, nu este vorba de un şuvoiu de apă care cade liber dela o înălţime, aşa cum se întâmplă la o roată de moară. Căderea de apă este de fapt ascunsă în conducta care coboară dela camera de apă. Aceste conducte se fac din oţel, nituite sau sudate cu o grijă deosebită, deoarece presiunea în ele este foarte mare. La o cădere de 500 m presiunea este de 50 atmosfere. De aceea ele se numesc *conducte forţate*.

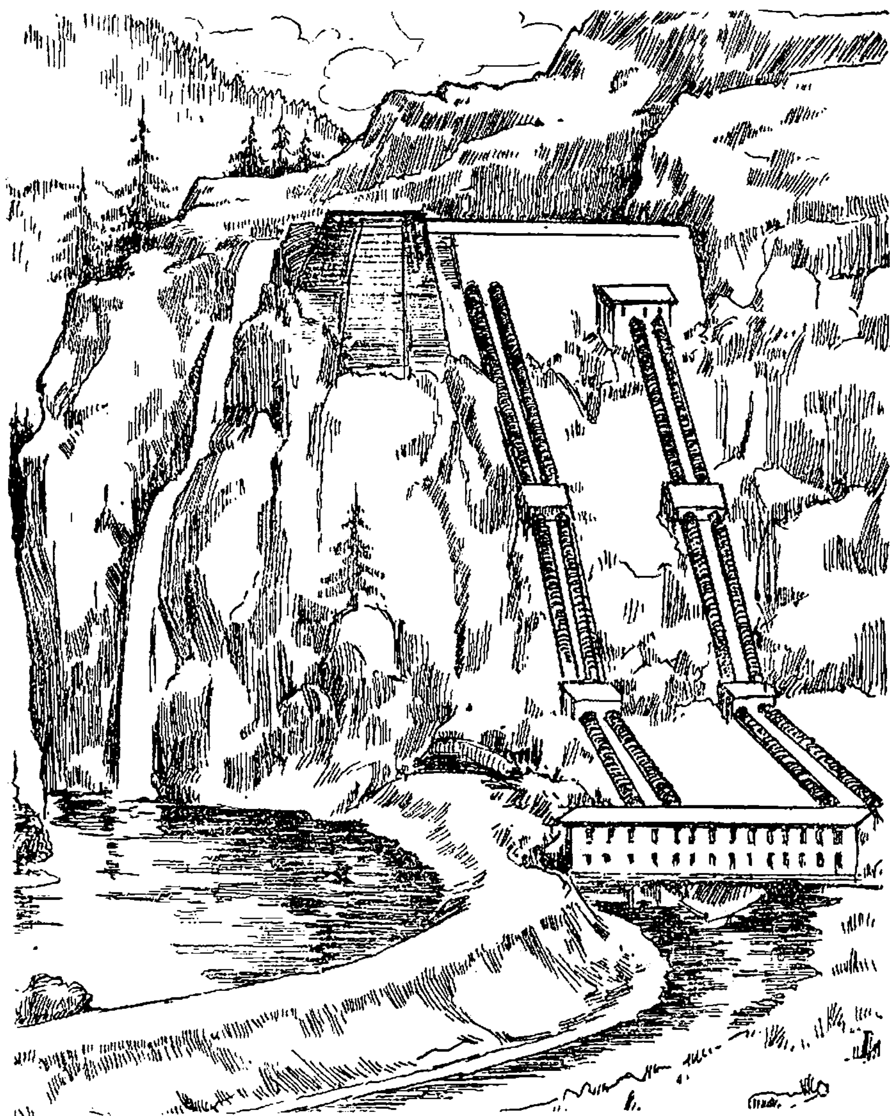


Fig. 237. — Vederea generală a unei centrale hidroelectrice

La capătul de plecare al unei conducte forțate, sus, sunt instalate robinete speciale care se închid singure, când din cauza unui accident conducta s'ar sparge. Pe drumul ei, conducta este prinsă din loc în loc în masive de beton, bine înrădăcinate în pământ. La capătul de jos se găsește *centrala hidroelectrică.* In ea, partea principală este *sala mașinilor,* în care se află turbinele cuplate cu generatoarele de curent electric.

Conducta forțată se ramifică la fiecare turbină. Apa, după ce a trecut prin turbină și a acționat asupra roții, se scurge în *canalul de fugă,* care trece prin subsolul sălii mașinilor, și se întoarce apoi în albia râului din care a fost luată. Inaintea fiecărei turbine se găsesc ventile speciale, care pot fi închise și deschise. Fiecare turbină are un regulator, care provoacă închiderea și deschiderea unor orificii, prin care apa ajunge la roata turbinei. Dacă puterea ce se cere turbinei este mică, regulatorul închide mai mult admisiunea apei și o deschide dacă puterea cerută este mai mare. Regulatorul funcționează în mod automat. Turbinele sunt de mai multe feluri. Pentru înălțimi mari de cădere, turbina este compusă dintr'o roată pe care sunt fixate de jur împrejur cupe de forma unor linguri. Printr'un injector, apa iese cu mare viteză și țâșnește în cupe producând învârtirea roții. Turbinele pentru căderile joase sunt tot roți, cu palete, dar acțiunea apei nu se mai produce prin împroșcare ca mai sus ci întocmai ca la o stropitoare de grădină. Turbinele pot fi instalate cu arborele orizontal sau vertical. Centralele mari sunt în general construite cu arborele vertical. Părțile auxiliare ale unei centrale hidroelectrice nu sunt complicate ca acelea ale unei centrale termoelectrice.

După cum se vede, o centrală hidroelectrică are o construcție simplă în ceea ce privește partea mecanică. In schimb însă, barajele și conductele sunt lucrări grele și foarte scumpe de executat. De multe ori, aceste centrale trebue făcute în munți, în locuri foarte depărtate de localități, unde nu sunt nici drumuri. In asemenea cazuri, lucrările trebue începute prin a se face șosele sau linii ferate.

Din cauză că energia apelor este foarte prețioasă, ea trebue să fie cât mai bine folosită. Se caută întotdeauna să se realizeze *amenajări integrale.* Ce înseamnă aceasta? Este bine ca un râu să fie folosit pe toată lungimea lui, adică să nu se piardă ni-

mic din înălţimea lui de cădere. Am văzut că apele sunt captate într'un punct al râului şi sunt apoi restituite în alt punct mai jos. Raţional este ca în acel punct să se facă o a doua captare pentru altă centrală care să se instaleze mai jos. In felul acesta nu se pierde nimic din înălţimea de cădere a unui râu. Dar, am văzut că mai este un element care determină puterea apelor, anume debitul. Este bine ca să nu se piardă fără folos nicio picătură din apa unui râu. Adică toată apa să fie trecută prin turbine. Lucrul acesta ar fi uşor posibil, dacă debitul râurilor ar fi acelaşi în tot timpul anului. Lucrurile însă nu sunt aşa. Primăvara, din cauza topirii zăpezilor, apele sunt foarte mari, apoi încep să scadă, mai ales în timpul verilor secetoase. Toamna, când vin ploile, apele cresc din nou, şi, în sfârşit, iarna, din cauza îngheţului, apele sunt foarte scăzute. Iată cât este de neregulat un curs de apă! Ce este de făcut?

Trebue făcute baraje cât mai înalte, pentru ca îndărătul lor să fie lacuri de reţinere cât mai mari. In ele se vor strânge apele mari, care vor fi folosite atunci când debitele sunt scăzute. Numai în felul acesta se poate ajunge la o folosire aproape totală a apelor şi deci realizăm amenajarea integrală.

Dar barajele mai servesc şi altor scopuri: apele mari de primăvară produc deseori inundaţii, care pot provoca dezastre. Dacă avem pe râuri lacuri mari de reţinere, ele vor strânge aceste ape mari şi vor împiedeca efectele vătămătoare ale revărsărilor. Iată deci cum putem stăpâni această forţă naturală, s'o îmblânzim şi s'o punem în folosinţa oamenilor. In planul de Stat pe cinci ani al R. P. R-ului se vor executa mai multe baraje pentru producerea de energie electrică şi pentru stăpânirea apelor. Dar apele folosesc nu numai pentru producerea de energie electrică, ci şi pentru alte scopuri: pentru *irigaţie* şi pentru *navigaţie*. Sunt multe regiuni în R.P.R. care au nevoie de irigaţie în anumite epoci ale anului, când ploile sunt rare şi nu vin la timp.

Prin irigaţii nu vom mai fi dependenţi de variaţiile climei.

In sfârşit, multe râuri din R.P.R. pot fi făcute navigabile dacă ele ar avea un debit suficient în tot timpul anului. Apa strânsă în lacurile de reţinere va putea servi şi pentru aceste scopuri.

152. **Marile realizări hidrotehnice ale U.R.S.S.** La lucrările hidrotehnice ce se vor face pe râurile noastre, trebue să ne fie

ca îndemn și exemplu marile realizări ale U.R.S.S. Dintre acestea, vom descrie câteva care au uimit pe oamenii tehnicei de pretutindeni. Astfel este uzina hidroelectrică de pe Nipru (Dneproghes). Această măreață lucrare care a adus o importantă contribuție la electrificarea U.R.S.S. a fost executată în anii 1927—1932. Dar în timpul războiului a fost distrusă de trupele germane în retragere; ea a fost însă repede refăcută, în cadrul celui de al patrulea plan cincinal.

Niprul este un fluviu mare, al treilea din Europa, după Volga și Dunăre, care se varsă în Marea Neagră, aproape de orașul Cherson. Lungimea lui este de 2283 km, iar debitul variază între 1270 și 23 000 m^3/s. Încă din vremurile vechi el a fost folosit drept cale navigabilă, pentrucă străbate regiuni bogate. Insă, pe o porțiune cuprinsă între Dnepropetrovsk și Zaporojie, pe o distanță de 100 km, navigația era întreruptă din cauza stâncilor care se ridică foarte dese din apă și sunt foarte periculoase pentru vapoare (cam asemănătoare este situația pe Dunăre la Porțile de Fier). Pe această porțiune erau cataracte prin care apele fluviului curgeau cu mare furie. In jos de cataracte, locul era potrivit pentru construirea unui baraj, căci malurile sunt stâncoase, de asemenea și albia, fiind făcută din granit. Lucrările pregătitoare au fost și ele foarte mari. Numărul lucrătorilor stabiliți pe șantier s'a ridicat la 25 000.

S'a construit o centrală electrică provizorie de 13 000 kW, pentru ca să alimenteze toate mașinile care erau folosite la lucrări. S'au instalat 100 km de cale ferată, pe care circulau 50 de locomotive. Lucrările propriu zise se pot rezuma în câteva cifre care arată cât de măreață este realizarea: s'au sfărâmat și s'au scos 1,8 milioane m^3 de stâncă, s'au turnat pentru fundarea barajului 1,15 milioane m^3 de beton, s'au mișcat 3,4 milioane m^3 de pământ și s'au montat 25 000 tone de construcții metalice.

In ce constă această lucrare?

După clasificarea pe care am făcut-o mai sus, este o centrală cu debit foarte mare și cădere mică.

Lucrările constau în următoarele: de-a-curmezișul râului s'a construit barajul din beton, în formă curbă. Toată lungimea barajului a fost împărțită în 47 de panouri, cu o lățime de 13 m. Aceste panouri sunt despărțite între ele prin ziduri de câte 3,25 m grosime, numite pile. In dreptul fiecărui panou se găsește câte o vană mobilă, care se poate ridica și coborî. Această

parte constitue deversorul barajului, căci, prin ridicarea vanelor, apa se poate scurge liber. Nivelul cel mai de sus al apei care se adună îndărătul barajului este la 51,2 m deasupra fundului.

Lacul format are o lungime de 150 km și un conținut de apă de 3 miliarde m³. Pe malul stâng sunt construite ecluzele. Ele sunt nişte camere al căror nivel de apă poate fi ridicat sau coborît după voie, umplându-le sau golindu-le cu ajutorul pompelor. Ecluzele fac posibilă navigația. Intr'adevăr, nivelul apei din lac, după cum am văzut, este cu mult mai sus decât nivelul apei din jos de baraj. Dacă vine un vas din susul râului, nivelul de apă în camera ecluzei este ridicat la înălțimea apei din lac. Vasul intră cu uşurință în această cameră. Treptat apoi, apa este scoasă şi nivelul se lasă în jos. Bineînțeles că mai întâi s'au închis porțile camerei care o despart de lac. Când nivelul camerei a ajuns la acela al apei din fluviu, porțile de jos se deschid şi vasul iese afară. In felul acesta se trece pragul barajului de sus în jos sau de jos în sus.

Centrala electrică este aşezată pe malul drept, imediat lângă baraj. Lungimea clădirii este de 231 m, iar lățimea de 24,96 m. In centrală sunt instalate nouă turbine, având fiecare o putere de 106 000 CP, căderea fiind de 38 m. Deci, puterea totală este de aproape 1 000 000 CP.

Generatoarele electrice sunt cuplate direct cu turbinele şi au fiecare o putere de 90 000 kVA sau 72 000 kW la $\cos \varphi = 0,8$ Dimensiunile acestor maşini neobişnuit de mari sunt impresionante. Diametrul turbinei trece de 9 m, diametrul rotorului generatoarelor electrice trece de 10 m, greutatea totală a generatorului electric se ridică la 980 de tone.

Postul central de comandă al centralei, de unde se supraveghează întreaga funcționare şi de unde se transmit comenzile, ocupă o clădire cu patru etaje. Producția de energie electrică a acestei uzine trece anual de 2 000 000 000 kWh.

Uzina este folosită de întreprinderile metalurgice Zaporojstal din Zaporojie, de uzinele de aluminiu, de magneziu, de minele de fier din Krivoirog, de minele de mangan şi de multe alte uzine din regiune. Centrala hidroelectrică Dneproghes, cea mai mare centrală hidroelectrică din Europa, a contribuit la ridicarea şi progresul întregei regiuni învecinate.

Pe Nipru sunt prevăzute să fie construite şi alte centrale hidroelectrice însemnate.

153. **Centrale hidroelectrice pe Volga.** Şi pe acest fluviu s'au executat şi mai sunt în execuţie mari lucrări hidrotehnice. Intre acestea este canalul Volga-Moscova, care a fost început în 1932. Această lucrare hidrotehnică cuprinde următoarele părţi principale: un baraj pe Volga la Ivancovo, în vecinătatea căruia se găseşte o uzină hidroelectrică. Barajul este de beton şi este continuat pe lungime de 9 km, cu un dig de pământ; în felul acesta s'a creat o reţinere de peste un miliard de m³, denumită pe drept cuvânt „Marea Moscovei". Dela acest lac pleacă canalul navigabil în lungime de 128 km, prevăzut cu mai multe ecluze, întru cât acest canal trebue să urce până la o înălţime de aproape 50 m deasupra locului de plecare şi apoi să se coboare tot pe atât, pentru a ajunge în râul Moscova. Canalul a fost pus în funcţiune în Iunie 1937.

Oricât de însemnate sunt lucrările canalului, ele nu reprezintă decât un prim pas în grandiosul program de amenajare integrală a fluviului Volga.

Proiectul este de a transforma fluviul Volga cu marea Volga pe care navigaţia să se poată face cu vapoare de mare şi pe care vor fi instalate mai multe centrale însumând 9 milioane kW.

Din acest program s'au şi executat două lucrări. In 1939 a fost creată centrală hidrotehnică dela Uglici, de 110 000 kW, şi reţinerea de apă dela Scerbacov, aşa numită „Marea dela Scerbacov", care are o suprafaţă de 4550 km² şi o capacitate de 25,2 miliarde m³. Lângă baraj s'a construit o centrală a cărei putere toală va fi de 330 000 kW.

Mai jos pe Volga, la Kuibîşev, se va realiza o altă lucrare hidrotehnică importantă, cu un mare baraj şi o mare centrală.

Pe râul Kama, care se varsă în Volga, de asemenea e prevăzută o importantă lucrare hidrotehnică, etc.

Inafara centralelor hidroelectrice, pe râurile din U. R. S. S. s'au mai făcut şi alte lucrări hidrotehnice, dintre care sunt canalele de legătură dintre Marea Albă şi Marea Baltică, şi canalul de legătură dintre Moscova şi Leningrad. Datorită acestor canale, capitala Uniunii Sovietice este unită cu trei mări: Marea Caspică, Marea Albă şi Marea Baltică. Prin realizarea canalului proiectat dintre Volga şi Don, se va face legătura şi cu Marea de Azov şi Marea Neagră.

Lucrările hidrotehnice nu privesc numai râurile din partea europeană a U.R.S.S. ci şi pe cele din partea asiatică.

Ultimele proiecte întocmite de către tehnicienii sovietici prevăd construirea unor legături, prin canale, între fluviile Ienissei, Obi până la Marea Caspică şi lacul Aral. Prin aceste canale o mare parte din apele celor două fluvii siberiene care se varsă în mările îngheţate dela Nord vor fi îndreptate în spre Sud. Lucrările acestea cuprind, pe lângă canale, câteva centrale hidroelectrice foarte mari, precum şi irigaţii pe mari suprafeţe de teren.

Partea electrică a centralelor

154. **Conexiunile şi comanda instalaţiilor** sunt la fel întocmite atât la centralele termice, cât şi la cele hidraulice. Curentul electric produs de fiecare generator este condus prin sârme groase şi bine izolate, numite *cabluri,* la nişte conducte neizolate, aşezate orizontal pe izolatori, şi care se numesc *barele generale colectoare* ale centralei. La acestea sosesc curenţii dela toate maşinile generatoare ale centralei.

Tensiunea la aceste bare este aceea la care este produs curentul, de obiceiu 6000 V, dar în multe instalaţii, tensiunile sunt mai mari, ajungând până la 15 000 V.

Mai înainte de a ajunge la bare, curentul trece prin întrerupătoare şi separatoare (tot un fel de întrerupătoare) precum şi prin alte aparate, transformatoare pentru ampermetre, voltmetre, bobine de protecţie, etc. Dela barele colectoare pleacă cabluri spre diferite locuri unde se va folosi curentul electric şi curenţii care pleacă trec prin întrerupătoare şi separatoare. Intrerupătoarele, în special, sunt aparate de foarte mare importanţă în instalaţiile electrice. In cazul unor defecte, de exemplu scurt-circuite, prin ele trec curenţi foarte mari şi pot provoca explozii. De aceea, fiecare întrerupător se aşază într'o despărţitură, separată prin pereţi de cel vecin. Intrerupătorul este deci aşezat într'o *celulă.* Barele generale colectoare şi cu toate aparatele de care am vorbit mai sus, adică întrerupătoare, separatoare, transformatoare de curent şi tensiune, bobine de protecţie, etc., sunt instalate într'o încăpere specială, numită sala *conexiunilor electrice,* care poate avea mai multe etaje pentru aşezarea lor ordonată.

Dar, partea electrică mai are şi alte instalaţii. Aparatele de

măsură, voltmetre, ampermetre, etc. sunt așezate de obiceiu toate într'o cameră specială. Tot acolo se găsesc și aparatele prin care se transmit în mod electric, dela distanță, comenzile de pornire și oprire a motoarelor, de deschidere și de închidere a întrerupătoarelor, a separatoarelor, etc. Această cameră este deci adevăratul creer al centralei electrice și se numește *cameră centrală* de comandă și control.

Dacă centrala este mică, toate aparatele de care am vorbit sunt instalate pe tablouri și pupitre, chiar în sala mașinilor. In camera de comandă și control, sunt în permanență de serviciu electricieni.

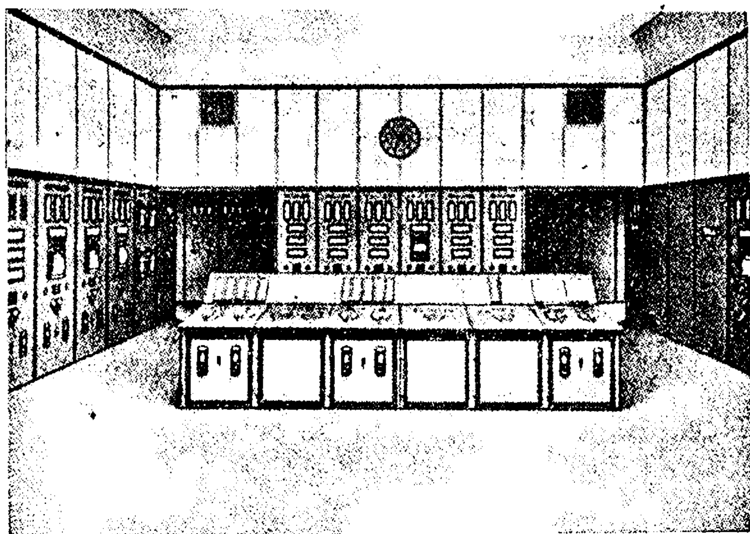


Fig. 238. — Camera de comandă a unei centrale electrice

155. **Stația de transformare**. De cele mai multe ori, centralele electrice nu se găsesc în imediata apropiere de locurile unde se folosește curentul electric, ci la distanță, uneori chiar la foarte mari distanțe, zeci sau sute de km.

Uzinele hidroelectrice sunt instalate pe râuri, unde locul este propice, foarte adesea la munte, iar uzinele termice sunt în apropierea minelor de cărbuni.

Locurile de mare consum de electricitate sunt orașele și regiunile unde sunt industrii.

Aducerea electricității, dela centralele electrice la regiunile unde este folosită, se face prin *linii electrice de mare tensiune*. Deci, curentul electric produs de către centrală trebue să fie trans-

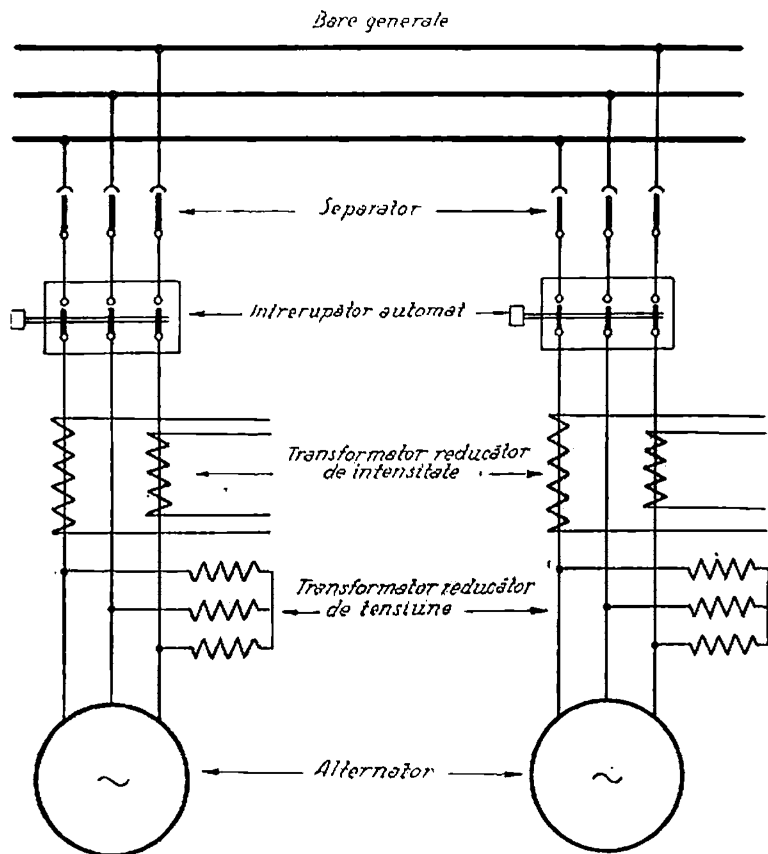


Fig. 239. — Schema electrică a unei centrale

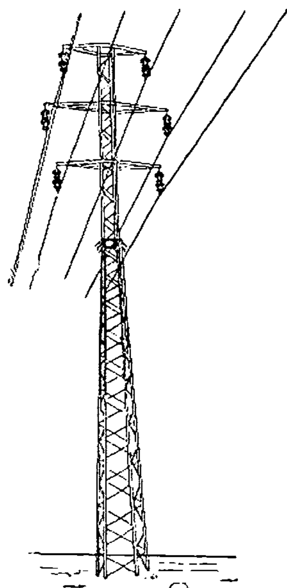
format pentru a i se ridica tensiunea cu ajutorul transformatoarelor. De aceea, pe lângă fiecare centrală electrică mai există și o *stație de transformare*, în care se găsesc mai multe trans-

formatoare, care ridică tensiunea la 30 000, 60 000, 110 000 220 000 sau chiar la 380 000 V.

Legătura dintre partea electrică, pe care am descris-o, și transformatoare se face în modul următor: dela barele colectoare ale uzinei pleacă cabluri, care se leagă cu înfășurarea de joasă tensiune a transformatoarelor. Dela bornele de înaltă tensiune ale transformatoarelor pleacă alte conducte la niște *bare colectoare de foarte mare tensiune*. Bine înțeles, și aici curentul trece mai întâi prin întrerupătoare, separatoare, etc.

In sfârșit dela aceste bare de foarte mare tensiune pleacă conductele liniilor electrice aeriene, sau ale cablurilor subterane prin care curentul este transportat la distanță.

După cum am văzut, o asemenea centrală trebue să aibă două rânduri de bare colectoare. Uneori, generatorul electric este legat direct la câte un transformator electric și acesta este legat la barele generale colectoare de foarte mare tensiune. In felul acesta instalația electrică s'a simplificat, căci a dispărut un sistem de bare și cu toate aparatele accesorii intermediare.


Fig. 240. — Linie de transport electric

Transportul electricității

156. **Linii aeriene de transport.** Transportul electricității la mare distanță se face prin linii electrice aeriene de mare tensiune. Știm că se aleg tensiuni mari pentrucă în acest caz curentul este mic și deci se pot folosi conductori subțiri, fără ca pierderile Joule-Lenz (RI^2t) să fie mari. Tensiunile folosite sunt: de 15 000, 30 000, 60 000, 110 000, 220 000 și în ultimul timp s'a introdus chiar tensiunea de 380 000 V.

Sârmele liniilor sunt de cupru sau aluminiu, atârnate de stâlpi înalți pentru ca să nu se apropie prea mult de pământ, de arbori sau de construcții.

In caz de apropiere prea mare se produc descărcări electrice periculoase, care provoacă moartea oamenilor şi incendierea lucrurilor.

Sârmele sunt atârnate de stâlpi prin lanţuri de izolatori. Stâlpii se fac de lemn, beton armat şi din oţel, bine înfipţi în pământ. Este periculos de a-i atinge căci, din cauza unui defect, se poate ca sârmele să fie în contact cu stâlpul.

Cu cât tensiunea este mai mare, cu atât şi stâlpii sunt mai înalţi şi la distanţă mai mare unul de altul. La tensiuni foarte mari stâlpii de oţel ajung adevărate turnuri.

La punctul unde ajunge linia, tensiunea este din nou transformată ; de astă dată coborîtă tot prin *transformatoare electrice.*

Distribuţia electricităţii

157. **Reţele electrice.** Locul unde se aşază *transformatoarele electrice coborîtoare de tensiune* este la marginea oraşului sau a regiunii care trebue alimentată cu electricitate.

Liniile de foarte mare tensiune nu pot intra în oraşe, regiuni industriale, etc. căci s'ar putea lesne produce accidente. Pe de altă parte însă, dacă s'ar distribui curentul la tensiunea joasă, de utilizare, ar trebui conducte foarte groase şi, chiar în acest caz, pierderile de energie (RI^2) ar fi mari.

De aceea, la punctul de sosire a liniei de transport tensiunea este redusă de obiceiu la 6000 V. Curentul la această tensiune poate fi distribuit cu uşurinţă prin *linii aeriene,* adică prin conducte pe stâlpi, sau prin conducte aşezate în pământ, *cabluri subterane.*

Toate liniile aeriene şi cablurile subterane formează *reţeaua de distribuţie a curentului electric* din acea zonă sau localitate.

Vom afla mai departe cum sunt executate liniile aeriene şi cum sunt făcute şi instalate cablurile subterane.

Dar curentul electric nu poate să fie introdus cu tensiunea de 6000 V în lămpi sau alte receptoare electrice, căci ar cere izolări foarte serioase şi totuşi ar fi periculos pentru cei care ar atinge aparatele.

Lămpile funcţionează de obiceiu la tensiunea de 110 V sau 220 V, iar motoarele la 220 sau 380 V.

Ce este de făcut? Tensiunea de 6000 V trebue din nou coborîtă la tensiunea de utilizare, care este de 220/110 sau 380/220 V.

Această coborîre se face de transformatoare instalate în diferite puncte ale orașului. O asemenea instalație se numește *post* sau *stație de transformare*. Ele pot fi așezate în clădiri, *deasupra pământului sau în camere subterane.*

In orașe se pot vedea deseori, pe unele străzi, în piețe sau în colțuri, căsuțe de zid sau chioșcuri de tablă care adăpostesc transformatoare.

Transformatoarele mici, în special pentru distribuirea electricității la țară, sunt așezate uneori chiar în aer liber și, pentru a nu fi atinse, sunt puse pe o platformă, fixată la înălțime pe stâlpi.

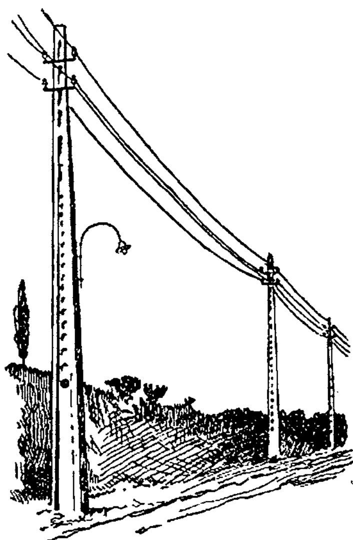


Fig. 241. — Linie aeriană de distribuție

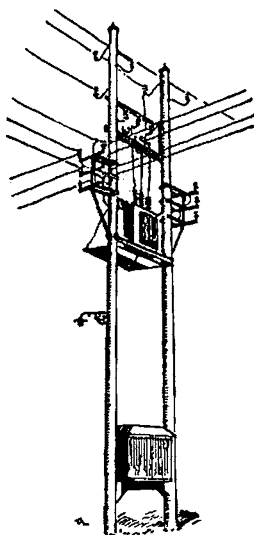


Fig. 242. — Transformator pe stâlp

O stație sau un post de transformare are, pe lângă transformatoare și întrerupătoare și separatoare, așezate pe stelaje de fier, siguranțe și aparate de măsură fixate pe tablouri.

Dela un post de transformare pleacă, de obiceiu, mai multe

conducte aeriene sau cabluri subterane, pe străzile din jurul acelui post.

Posturile de transformare sunt presărate pe toată suprafaţa oraşului sau a zonei de alimentat cu electricitate.

Totalitatea cablurilor subterane şi a conductelor aeriene care pleacă dela posturile de transformare se numeşte *reţeaua de utilizare a curentului electric.*

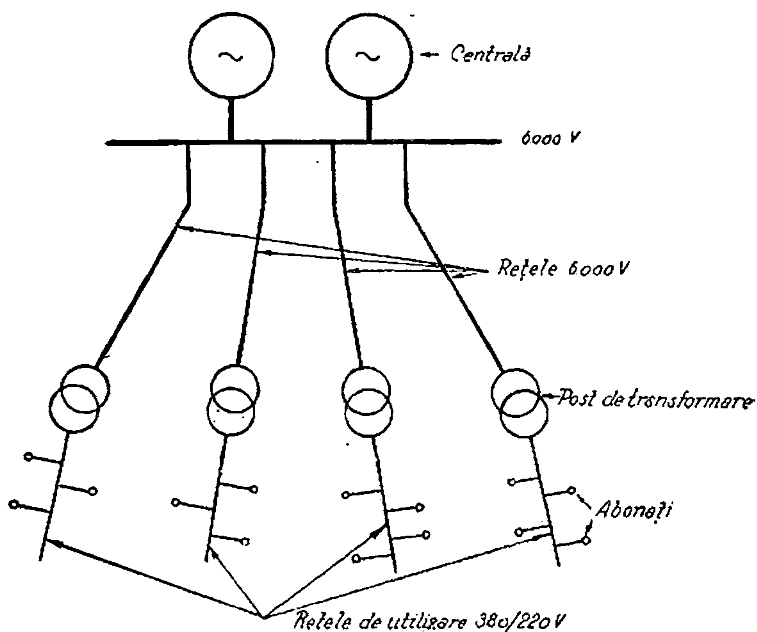


Fig. 243. — Schema reţelelor de distribuţie electrică

Ori de câte ori oraşul sau zona de alimentat este întinsă, vom întâlni cele două feluri de reţele.

Dacă oraşul sau zona de alimentat este restrânsă, curentul este transmis de-a-dreptul la tensiunea de utilizare, deci nu mai există reţeaua de distribuţie.

Din conductele aeriene sau cablurile subterane de pe străzi, se fac derivaţii ale reţelei de utilizare prin care curentul este adus la locurile de consum: case, birouri, ateliere, fabrici etc.

Fiecare loc de consum are astfel un *branşament* care poate fi subteran sau aerian.

Branşamentul subteran se termină într'o firidă făcută în zidul clădirilor şi închisă cu o uşă de tablă.

In această firidă sunt montate siguranţe pentru protecţia instalaţiei şi cablurilor de distribuţie.

Instalaţia ce urmează mai departe, după branşament, se numeşte *instalaţie interioară.*

Iată deci întreaga cale pe care o face curentul dela sursă până la consumator.

In rezumat:

1. Curentul este produs într'o *centrală hidroelectrică* sau *termoelectrică,* de obiceiu la 6000 V.

2. Curentul este transmis apoi la mare distanţă, printr'o *linie de transport electrică* de mare tensiune, până aproape de regiunea care trebue alimentată cu electricitate.

3. La plecarea liniei se face o *staţie de transformare* ridicătoare a tensiunii, iar la sosire se face o *staţie de transformare coborîtoare de tensiune.*

4. De acolo pleacă *reţeaua de distribuţie* (de obiceiu la 6000 V) care alimentează mai multe *posturi de transformare.*

5. Dela acestea pleacă *reţeaua de utilizare* (la 220/110 sau 380/220) din care se derivează *branşamente* pentru fiecare loc de consum.

Dacă centrala este în apropiere de regiunea de consum a electricităţii, nu mai este nevoie a se face transport de energie.

Dacă zona de alimentat cu electricitate este foarte întinsă, curentul trebue să fie *transportat* până la diferitele puncte din interiorul zonei (cum ar fi un mare oraş).

Totuşi, după cum am arătat, transportarea prin linii aeriene nu se poate face în regiuni populate, ci trebue să se adopte transportul prin cabluri subterane. Tensiunea este de obiceiu de 30 000 V. In asemenea cazuri, la locul de sosire al liniei de transport electric se găseşte o staţie de transformare care reduce tensiunea la 30 000 V. Prin cabluri, curentul este transportat mai departe la această tensiune în câteva puncte unde se instalează staţii pentru reducerea tensiunii la 6000 V. Dela acestea pleacă reţeaua de distribuţie ca în cazul precedent, descris mai sus.

Prin urmare, în asemenea cazuri, mai există și a treia rețea electrică, rețeaua de transport interior la 30 000 V.

158. **Stațiuni pentru transformarea curentului alternativ în curent continuu.** Deși curentul este produs în centrale aproape numai sub forma de curent trifazat, totuși este nevoie și de curent continuu pentru anumite întrebuințări: fabrici electrochimice, acționarea tramvaielor și troleibuselor, etc.

Transformarea se poate face în mai multe feluri. Uneori cu ajutorul unui grup motor asincron — generator de curent continuu. Motorul asincron fiind alimentat chiar la tensiunea de 6000 V, iar generatorul de curent continuu este ajutat de o baterie de acumulatoare; alteori transformarea se face cu o comutatrice și în sfârșit foarte adesea cu ajutorul redresoarelor cu vapori de mercur.

159. **Interconectarea centralelor electrice.** O centrală electrică poate să producă o putere maximă și deci un curent maxim. Dacă în regiunea consumatoare se cere o putere mai mare, va trebui ca o a doua centrală să furnizeze puterea care mai trebue, sau va mai fi nevoie de o a treia centrala și chiar de mai multe centrale.

In asemenea cazuri, pe linia de transport sosește curent electric dela mai multe centrale.

Legate în acest mod, centralele se numesc *interconectate.* Acest mod de funcționare are foarte multe foloase.

Dacă o centrală hidroelectrică este interconectată cu una termoelectrică, în epocile de ape mici, când centrala hidroelectri-nu poate produce un curent mare, va primi ajutorul centralei termoelectrice. De asemenea în cazul defectării unei centrale curentul va fi furnizat de altă centrală cu care este interconectată.

160. **Centrale electrice de curent continuu.** Curentul continuu este mai puțin întrebuințat. El nu se poate lesne transmite la distanță pentrucă nu se poate ridica și coborî tensiunea atât de simplu ca la curentul alternativ.

Curentul continuu are însă unele mari calități: nu există decalaj între tensiune și curent și deci, la o anumită tensiune și cu o anumită intensitate, se transmite o putere mai mare în curent continuu decât în curent alternativ, se pot folosi acumulatoarele electrice, etc.

Centralele de curent continuu sunt destinate, în general, pentru a alimenta localitățile mici.

De obiceiu o asemenea centrală cuprinde şi o baterie de acumulatoare. Se pot face în acest caz mai multe combinaţii de funcţionare.

Intrebări recapitulative

1. Câte feluri de centrale electrice sunt?
2. Ce surse de energie inepuizabile cunoaşteţi?
3. Ce fel de cărbune trebue să fie folosit de către centralele termoelectrice?
4. Descrieţi o centrală termoelectrică cu motoare Diesel.
5. Descrieţi o centrală termoelectrică cu cărbuni.
6. Care este drumul pe care-l face apa din cazan?
7. Care este drumul pe care-l face apa de răcire ?
8. Care este randamentul unei centrale termoelectrice cu vapori?
9. Descrieţi o centrală hidraulică.
10. La ce serveşte barajul? Dar aducţiunea şi conductele forţate?
11. Câte feluri de turbine hidraulice se folosesc?
12. Descrieţi partea electrică a unei centrale.
13. De ce sunt necesare staţii de transformare a curentului electric?
14. Descrieţi o linie de transport electric.
15. Descrieţi cum se face distribuţia electricităţii.
16. Câte reţele electrice sunt într'un oraş mare ?
17. Cum se face transformarea curentului alternativ în curent continuu ?

XVI. APARATE PENTRU INALTA TENSIUNE IN CENTRALE ŞI STAŢII DE TRANSFORMARE

161. **Intrerupătoare şi separatoare.** Am văzut că energia electrică se produce în centrale cu ajutorul maşinilor electrice şi că este folosită în diferite receptoare precum: lămpi, motoare, aparate pentru produs căldură, aparate pentru produs radiaţiuni, etc.

Pe circuitele care aduc curentul dela maşini la receptoare sunt instalaţii şi aparate auxiliare, necesare funcţionării, dintre care pe unele nu le-am învăţat până acum.

De acestea ne vom ocupa mai departe.

Cele mai importante sunt *întrerupătoarele* şi *separatoarele*. Orice întrerupător sau separator are o parte fixă şi o parte mobilă prin care trece curentul; partea mobilă, prin anumite manevre, se poate desprinde de cea fixă şi atunci curentul nu mai poate trece, deci circuitul este întrerupt.

Intrerupătoarele din centrale şi staţii sunt instalate în general pe circuite de mare tensiune şi în care circulă curenţi cu mari intensităţi.

De aceea, la ruperea legăturii între contactele mobile şi cele fixe, se produc arcuri electrice foarte puternice, periculoase pentru aparat şi pentru oamenii aflaţi în apropiere.

Pentru a se evita acestea, întrerupătoarele pentru tensiuni mai mari de 1000 V sunt de o construcţie specială şi anume, contactele fixe şi mobile sunt instalate într'o cutie umplută cu uleiu. Acesta are proprietatea de-a stinge arcul în clipa întreruperii.

Prin izolatoarele de porţelan de deasupra cutiei intră conductele electrice şi se leagă la contactele fixe. Intreruperea se face prin mişcarea unei tije izolante care trage contactele mobile, formate din nişte cuţite şi pe care le deslipeşte astfel de contactele fixe.

Mişcarea tijei este comandată printr'o roată volant.

Dacă s'a produs o cantitate foarte mare de căldură, ceea ce se întâmplă, în cazul când dintr'un defect, curentul a devenit prea mare, uleiul se poate aprinde, producând explozia cutiei. Uleiul are deci şi calităţi pentru întrerupere, dar şi neajunsuri. Din acest motiv s'au construit şi alte feluri de întrerupătoare.

Astfel, sunt întrerupătoarele care, pentru a stinge arcul electric, folosesc un curent de aer comprimat.

La acestia nu mai este pericol de explozie. Aerul este produs cu ajutorul unui compresor şi strâns într'un rezervor. In clipa întreruperii este suflat puternic asupra arcului şi-l stinge.

In sfârşit, s'au construit şi întrerupătoare la care arcul se stinge da-

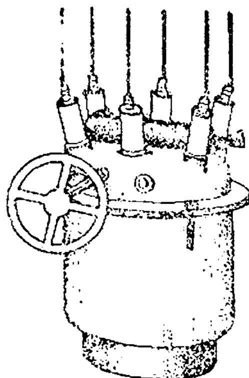
torită răcirii provocate de un curent de vapori de apă, produşi de întrerupător prin evaporarea unei cantităţi de apă, în momentul funcţionării.

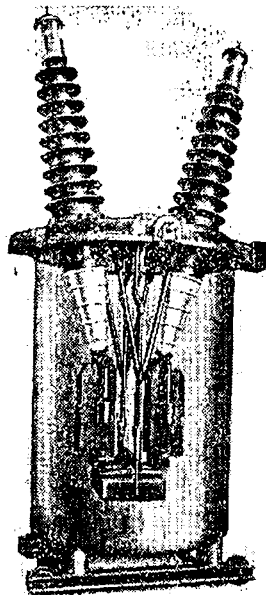
Intrerupătoarele se pot deschide prin manevrarea cu mâna a volantului.

In uzinele mari, închiderea întrerupătoarelor şi deschiderea lor este transmisă electric dela tabloul centralei şi care poate fi la distanţă destul de mare de întrerupător.

Acestea sunt întrerupătoarele comandate dela distanţă.

Intrerupătoarele se pot deschide şi singure când se produce în instalaţie un defect, care e urmat de un curent prea mare sau de o tensiune prea mare.


Fig. 244
Intrerupător cu uleiu


Fig. 245. — Intrerupător cu uleiu văzut în interior

Acestea sunt întrerupătoarele automate. Aparatul care produce întrerupere este *releul* care, după cum am arătat, este construit pe baza unui electromagnet sau pe bază termică.

Separatoarele sunt folosite la instalaţiile de mare tensiune. Ele se compun din două contacte fixe, aşezate pe izolatoare şi dintr'un cuţit, contact mobil.

Separatorul este acţionat cu mâna.

In instalaţiile electrice de înaltă tensiune, înaintea unui întrerupător se pune întotdeauna şi un separator.

Care este rostul lui? Când se lucrează la o porţiune dintr'un circuit electric de mare tensiune trebue să fim siguri că nu trece niciun curent căci, dacă trece, cel care lucrează este electrocutat. La întrerupătoarele descrise mai sus nu se poate vedea dacă sunt deschise sau închise. De aceea se-

instalează şi un separator, care se deschide după ce s'a deschis întrerupătorul.

In felul acesta suntem siguri că, în acea porţiune, nu este tensiune şi chiar dacă cineva din greşală închide întrerupătorul, separatorul rămâne deschis şi deci curentul nu poate trece.

Separatoarele se închid şi se deschid numai atunci când nu trece niciun curent prin circuit, căci altfel se produce un arc electric foarte periculos.

162. **Conducte electrice.** — Aducerea curentului electric dela surse până la receptoare se face prin sârme. Deoarece ele conduc curentul, se numesc *conducte electrice*. Ele sunt de mai multe feluri.

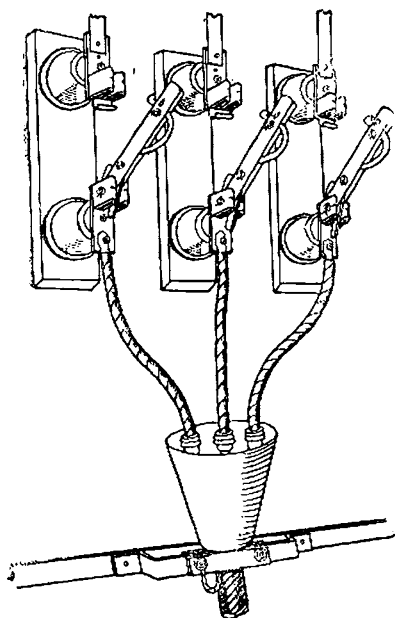


Fig. 246. — Separator electric deschis

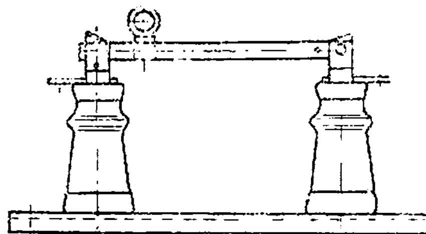


Fig. 247. — Separator electric închis

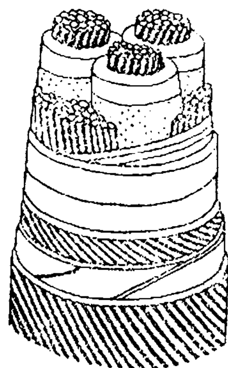


Fig. 248. — Cablu electric

1. Conducte aşezate în pământ, numite *cabluri electrice subterane*.
2. Conducte aşezate pe stâlpi, numite *conducte aeriene* din sârmă neizolată.
3. Conducte în interiorul clădirilor (introduse în tuburi care să le protejeze) şi care se numesc *conducte izolate pentru instalaţii interioare*.

Partea conducătoare este de metal. Dintre metale, cuprul (arama) conduce cel mai bine curentul, rezistă la rupere şi nici nu este lesne atacat

de diferiți agenți chimici. Multă vreme conductele s'au făcut numai din cupru.

Alt material folosit este aluminiul, care are o rezistență electrică mai mare decât cuprul, dar este mult mai ușor.

Pentru a obține o sârmă de aluminiu cu o rezistență la fel cu a uneia de aramă, trebue să-i dăm o grosime de 1,6 ori mai mare.

Alte metale, folosite mai puțin, sunt aliaje ale aluminiului; bronzul și zincul.

Cablurile electrice sunt fabricate cu doi, trei sau patru conductori de cupru, de obiceiu înfășurați fiecare cu o bandă de hârtie îmbibată în uleiu. Hârtia servește ca izolant și este chiar un foarte bun izolant. Cei trei conductori sunt apoi înfășurați împreună tot cu bandă de hârtie.

Deoarece apa și umezeala strică izolația, cablul izolat este introdus într'un tub de plumb, fără cusătură sau lipitură.

Dar plumbul este atacat de agenții chimici sau prin electroliză. Pentru a fi ferit, se îmbracă cu hârtie îmbibată cu un bitum și apoi cu un strat de iută, de asemenea îmbibat.

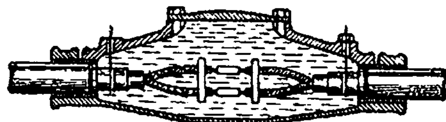


Fig. 249. — Manșon pentru legarea a două cabluri (secțiune)

Dar cablul astfel construit este supus stricăciunii prin lovire. De aceea, pe deasupra, se învelește cu două benzi de fier lat, vopsite cu lac.

In sfârșit, și fierul este protejat cu un strat de iută îmbibat în gudron. Iată deci ce structură complicată are un cablu. Cu cât tensiunea la care este folosit cablul este mai mare, cu atâta se iau măsuri de izolație mai serioase. S'au construit cabluri până la tensiunea de 60 000 V.

Legarea cap la cap a două cabluri se face într'o cutie de fontă numită manșon, care se umple apoi cu o materie izolantă (din gudron). In felul acesta legătura este apărată contra umezelei, etc.

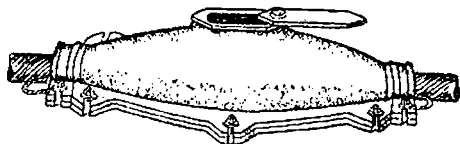


Fig. 250. — Manșon pentru legarea a două cabluri. Vedere exterioară

La capătul lui, cablul este introdus într'o cutie sau manșon terminal, umplut cu smoală izolantă. Afară ies numai conductele spre a se lega de instalația interioară.

Cablurile se așază în șanțuri săpate la 60—70 cm. adâncime. După ce s'a așezat, cablul se acopere cu un strat de nisip, iar pe deasupra se pune

un rând de cărămizi, apoi se umple cu pământ şi se bate bine. Cărămizile au rolul de a preveni pe cei care sapă în pământ, că acolo se găseşte un cablu.

Conductele neizolate se fac din cupru, aluminiu sau aliaje de aluminiu. De obiceiu sunt mai multe fire răsucite împreună, formând o funie de sârmă. Innădirea conductelor neizolate sau ramificarea lor se face cu cleme speciale; de asemenea atârnarea lor de izolatoare.

Despre conductele pentru instalaţiile interioare ne vom ocupa mai târziu.

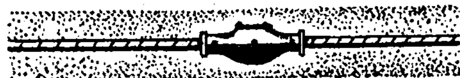


Fig. 251. — Două cabluri legate printr'un manşon

163. **Izolatoare.** Conductele aeriene se atârnă de stâlpi prin izolatoare. Acestea au un rol foarte important căci, izolatoarele care nu izolează bine, fac imposibilă funcţionarea în bune condiţii a instalaţiilor electrice. Ele sunt fabricate de obiceiu din porţelan.

Insuşirile ce se cer izolatoarelor sunt : să nu fie străbătute de descărcări electrice şi să nu lase curentul să se scurgă la suprafaţa lor. Izolatoarele pentru tensiuni joase sau mijlocii sunt fixe.

Pentru tensiuni mari se întrebuinţează izolatoare suspendate, formate din mai multe elemente care se îmbină unul cu altul.

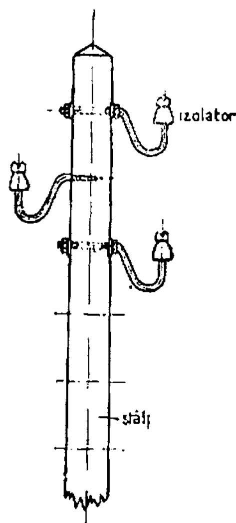


Fig. 252. — Izolator fix

Intrebări recapitulative

1. Ce rol au întrerupătoarele?
2. Cum sunt construite întrerupătoarele pentru mare tensiune ?
3. Ce rol au separatoarele?
4. Cum sunt construite?
5. Cum sunt executate cablurile electrice?
6. Cum se leagă şi cum se ramifică?
7. Cum se aşază în pământ?
8. La ce servesc izolatoarele?
9. Ce fel de izolatoare cunoaşteţi?
10. De ce izolatoarele au o formă complicată?

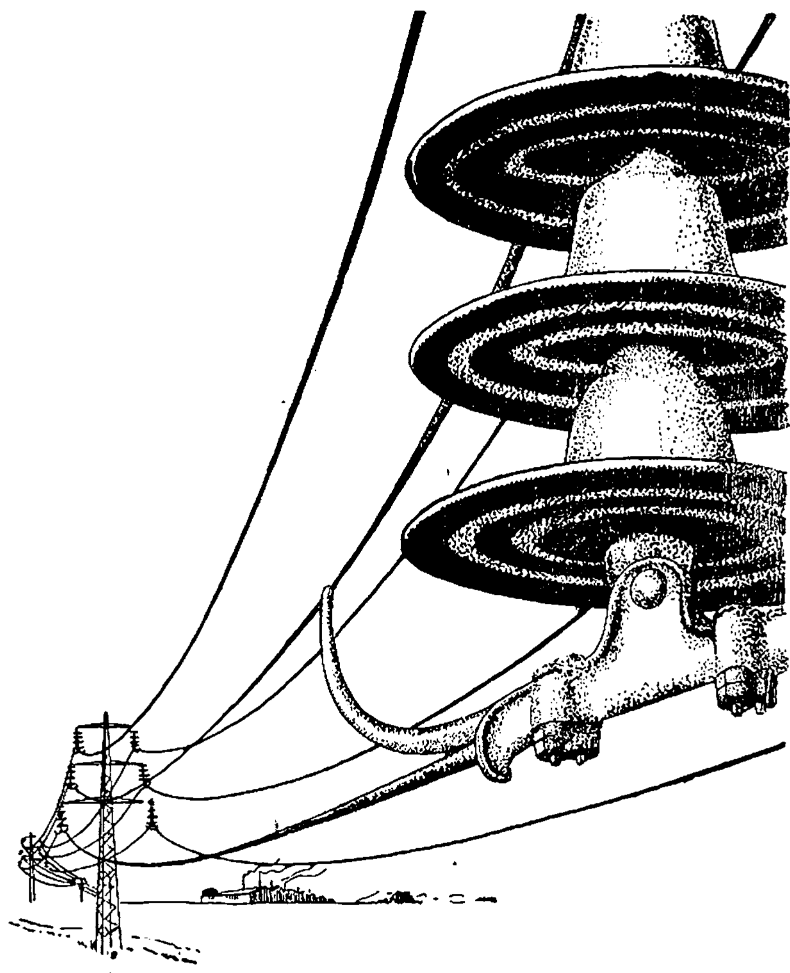


Fig. 253. — Izolator suspendat

XVII. INSTALAŢII ELECTRICE INTERIOARE

164. **Alcătuirea unei instalaţii electrice interioare.** Partea din instalaţia electrică, dela branşament până la aparatele receptoare de curent, se numeşte *instalaţia interioară.*

Vom lua ca exemplu instalaţia interioară dintr'o clădire cu mai multe locuinţe (apartamente)

1. *Branşamentul,* de obiceiu din cablul subteran, se continuă

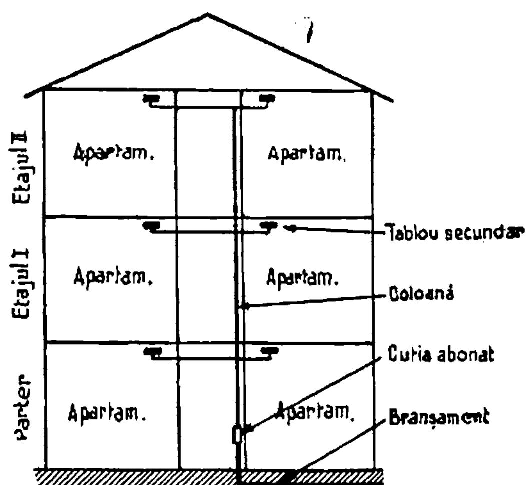


Fig. 254. — Coloana principală se ramifică la fiecare apartament

printr'o conductă numită *coloană principală.* Din această coloană principală se fac ramificaţii spre fiecare apartament.

La intrarea conductei în apartament se instalează contorul

electric; după aceea conducta se ramifică în mai multe circuite care vor alimenta diferitele receptoare.

Ramificația se face pe un *tablou*, de obiceiu de marmoră. Pe fiecare circuit și anume pe fiecare conductă, se instalează câte o *siguranță* sau un *întrerupător automat.*

Siguranțele pentru circuitele de lumină sunt dimensionate pentru un curent nominal de 6 A. Fiecare siguranță sau întrerupător trebue să aibă o etichetă, indicând unde duce circuitul respectiv.

Din circuitele care pleacă dela tablou se fac derivații până la aparatele receptoare: lămpi, aparate de încălzit, etc.

Pe fiecare din aceste derivații se montează câte un *întrerupător,* cu ajutorul căruia receptorul este introdus sau scos din circuit.

Drumul conductelor se alege cât mai simplu, ca să poată fi lesne urmărit în cazul verificărilor și reparațiilor. Pe pereți

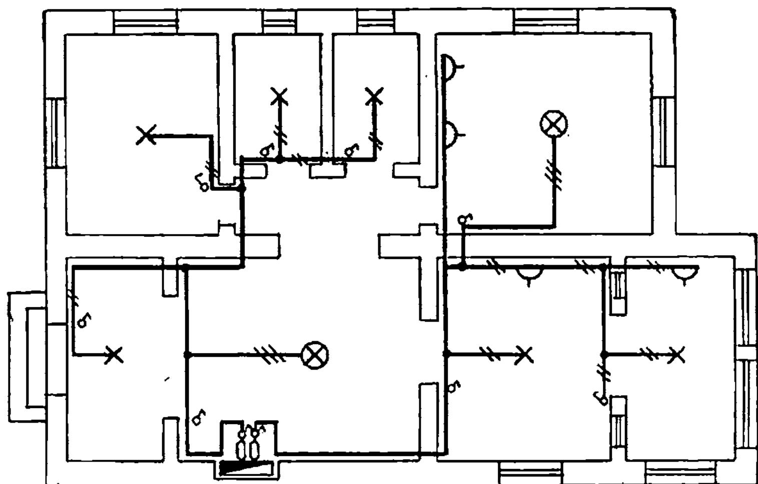


Fig. 255. — Schema unei instalații interioare

se merge numai vertical, iar pe plafoane numai pe linii perpendiculare pe laturile formate de pereți (deci nu se merge în diagonală).

Conductele se așază de obiceiu în *tuburi protectoare;* legarea a două conducte cap la cap sau ramificarea lor se face

numai în cutii speciale numite *doze*. Legarea conductelor în aceste cutii se face prin lipire.

Intr'un tub de protecție nu se pot introduce decât conductele unui circuit; prin urmare, dacă sunt două circuite vecine, ele vor fi așezate în două tuburi diferite.

Tuburile se fixează în mici șanțuri făcute în cărămida zidurilor, se fixează de o parte și de alta cu cuie și cu ipsos, apoi se acopere cu tencuială.

Conductele se trag prin tuburi numai după ce acestea au fost instalate și după ce tencuiala s'a uscat.

In planșeele de beton armat nu este permis să se facă șanțuri, pentru ca planșeele să nu fie slăbite. In aceste cazuri, tuburile se așază peste planșee și rămân astfel ascunse sub pardoseală.

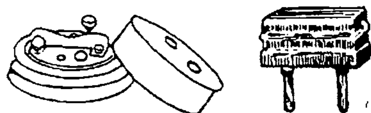


Fig. 256. — Priză și fișă

Receptoarele de curent sunt fixe, precum sunt lămpile obișnuite și amovibile (care se pot mișca) precum sunt: lampa de masă, fierul de călcat și mai toate celelalte aparate electrice casnice.

Receptoarele amovibile primesc curentul printr'o *priză de curent* în care se introduce o *furcă de contact* numită și *fișă*. Dela fișă pleacă o conductă în formă de cordon care se leagă la aparat. După ce am arătat din ce se compune o instalație interioară trebue să cunoaștem mai de aproape aparatele și materialele folosite, precum și modul lor de instalare.

2. *Felul încăperilor*. Nu toate încăperile în care se face o instalație electrică sunt la fel. Modul de execuție, felul aparatelor, felul materialelor etc., depinde de încăperi.

Deosebim: a) încăperi normale adică uscate, ferite de incendiu și de explozie, fără praf în cantitate mare, fără aburi sau gaze corosive și fără temperaturi interioare prea ridicate;

b) încăperi umede;

c) încăperi foarte umede;

d) încăperi cu temperatură ridicată trecând de 30°;

e) încăperi cu temperaturi foarte ridicate, în care temperatura depăşeşte 35°;

f) încăperi cu mult praf;

g) încăperi cu aburi sau gaze corosive;

h) încăperi în care se prepară sau se depozitează materiale uşor inflamabile;

i) încăperi în care se prepară sau se depozitează materiale explozibile.

Vom arăta mai departe ce măsuri speciale se iau pentru instalaţiile care prezintă condiţii deosebite de cele normale.

Să examinăm acum fiecare parte a instalaţiei.

3. *Tabloul de distribuţie.* Este făcut de obiceiu, din marmoră, dar se poate face şi din alt material izolant, ardezie sau eternit.

Se aşază la locuri uscate şi la înălţime potrivită, pentru a se putea ajunge lesne la el. Tablourile pot fi instalate aparent sau îngropate într'o firidă; este bine să fie protejate, prin închiderea lor într'o cutie cu uşiţe.

Pe tablou se execută ramificaţiile conductei principale, în numărul de circuite necesare pentru alimentarea receptoarelor. Acestea, toate, sunt făcute pe peretele din spatele tabloului. Pe faţă se montează siguranţele cu fuzibile, întrerupătoare automate (în loc de siguranţe), uneori întrerupătoare cu pârghie şi bornele la care sunt legate circuitele care pleacă. In dreptul acestor aparate se pun etichete indicând încăperile alimentate. Circuitele care alimentează motoare pleacă de pe un tablou separat de acela pentru luminat.

165. **Siguranţele fuzibile.** Am învăţat ce rol important au siguranţele fuzibile într'o instalaţie electrică. Ştim că se alege grosimea conductelor de alimentare după puterea receptoarelor şi ţinând seama de căderea maximă de tensiune care este admisibilă la bornele receptorului. Dacă această alegere s'a făcut conform regulilor tehnice pe care le-am învăţat nu se va întâmpla nimic rău: conductele se încălzesc datorită efectului Joule-Lenz dar, în acelaşi timp, căldura se împrăştie, astfel că temperatura sârmelor nu ajunge niciodată să fie periculoasă pentru lucrurile dimprejur.

Ne găsim în *regim normal de funcționare*. Dar pot să apară împrejurări care să modifice regimul normal, când intensitatea curentului întrece limita admisibilă pentru grosimea conductorului. Aceasta se întâmplă dacă în locul receptoarelor prevăzute la început se pun altele de putere mult mai mare și care absorb deci un curent mult mai mare. Un alt caz de stricare a regimului normal este scurt-circuitul, care poate fi produs cu voie sau fără voie; în primul caz, scurt-circuitul se face printr'o legătură cu o piesă metalică între două contacte electrice. De exemplu, dacă cele două brațe ale unei fișe sunt legate cu o sârmă, prin ea va trece un curent mare și deci am produs un scurt-circuit. Scurt-circuitul poate fi provocat și fără voia noastră, atunci când izolația conductelor se strică și cele două sârme vin în contact, lucru care se întâmplă foarte adeseori la aparatele portative.

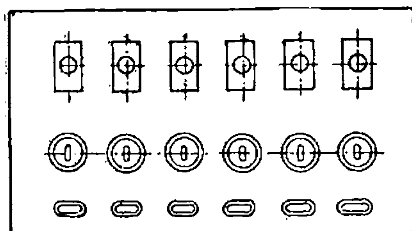


Fig. 257. — Tablou de distribuție și schema lui electrică

Am văzut că, în toate aceste împrejurări, prin circuit va trece un curent mult mai mare decât cel normal, ceea ce va provoca o mare cantitate de căldură în conductă și ridicarea temperaturii ei până la valori periculoase, care pot produce arderea izolației și aprinderea obiectelor înconjurătoare.

Siguranțele cu fuzibile ne apără însă de aceste pericole căci grosimea siguranței este aleasă astfel, ca să se topească cu mult înainte de a se întâmpla vreo deteriorare a conductei.

Siguranțele fuzibile sunt de mai multe feluri, și anume: cu *dop* sau *bușon*, *lamelare* sau *tubulare*.

Am văzut că siguranțele cu dop sunt făcute dintr'un corp de

porțelan, în care se găsesc două piese de contact, la care sunt legate conducta care vine și cea care pleacă, dintr'un dop în care se găsește firul fuzibil și dintr'un capac, care strânge acest dop.

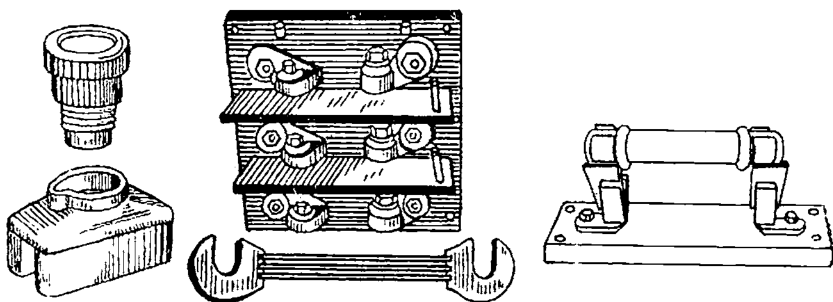


Fig. 258 a, b, c. — Diferite siguranțe cu fuzibile

Siguranțele lamelare sunt executate dintr'o placă izolatoare, care servește de suport pentru bornele la care sunt legate conducta care vine și cea care pleacă. Intre borne se introduce fuzibilul lamelar. Dacă pe suport sunt mai multe fuzibile, ele se separă printr'un perete protector.

La siguranțele tubulare firul este introdus într'un tub din material izolant. Capetele tubului sunt susținute de două contacte fixate pe o placă de suport. La aceste contacte vine și pleacă conducta circuitului.

Unde se instalează siguranțele?

— Pe firele care vin dela contor la tablou (siguranțe generale).

— Pe fiecare circuit care pleacă dela un tablou.

— In fiecare punct al unei conducte în care secțiunea se micșorează trebue pus o siguranță. Nu este necesar acest lucru dacă la tablou s'au pus siguranțe corespunzătoare conductei subțiri și nu corespunzătoare porțiunii de conductă mai groasă care a plecat dela tablou.

— La fiecare priză de curent, înaintea transformatoarelor de sonerie.

Siguranțele se pun pe toate firele circuitelor monofazice (2 fire). La circuitele trifazice cu neutru nu se pune siguranță pe firul neutru.

Mici automate de siguranță. Siguranța cu fuzibil este un întrerupător automat deoarece deschide curentul fără a fi fost comandat de noi.

Dar este un automat care are neajunsuri:

— Nu funcționează întotdeauna la timp.

— Se pot pune fuzibile mai groase decât trebue și care deci nu se vor topi la timp, fapt ce poate provoca incendii.

— Inlocuirea siguranțelor este neplăcută și costisitoare, când sunt instalații mari.

Din aceste motive s'au construit întrerupătoare automate mici, care deschid circuitul dela sine în caz de nevoie.

Dispozitivul care comandă deschiderea întrerupătorului se numește *releu.*

Acesta este, la unele aparate un electromagnet. La trecerea

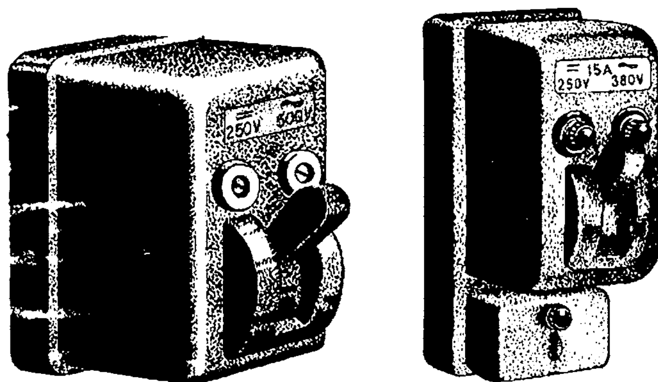


Fig. 259 a, b. — Intrerupător automat mic pentru instalații interioare

unui curent intens, electromagnetul atrage o piesă de fier, care provoacă deschiderea contactelor circuitului.

Alte relee sunt pe bază termică, din *cupluri bimetalice* (adesea cu întârziere de funcționare).

In sfârșit, alte relee au ambele principii aplicate.

166. **Conductele.** Conductele sunt fire metalice care servesc pentru aducerea curentului electric la un receptor.

Ele sunt formate din:

— Conductorul sau firul constituit dintr'o singură sârmă (conductor unifilar) sau din mai multe sârme răsucite (conductor multifilar sau funie). Ei sunt cositoriți la foc.

— Izolarea din cauciuc, hârtie, bumbac, email, sticlă, etc.

— Inveliș protector format dintr'o împletitură de bumbac sau metal.

In instalațiile interioare se întrebuințează următoarele feluri de conducte:

a) *Conducte normale* izolate (învelite) cu cauciuc (vână de cauciuc) și pe deasupra cu o țesătură de bumbac; sunt cele mai întrebuințate în instalațiile interioare până la 750 V. Nu se pot întrebuința în locuri umede sau în locuri unde sunt vapori sau gaze acide.

b) *Conducte cu izolație specială* de cauciuc, pentru tensiuni mari, chiar până la 25 000 V; se folosesc neprotejate de tuburi în locuri umede.

c) *Conducte în formă de cordoane*, numite și *liță*, tot cu izolație de cauciuc și cu împletitură de bumbac sau de mătase. Ele sunt foarte flexibile și sunt folosite mai ales pentru receptoarele mobile.

d) *Cordoane de atelier* la care izolația de cauciuc este învelită cu o panglică de bumbac cauciucată, iar deasupra cu o țesătură de protecție sau într'o teacă de piele.

e) *Conducte izolate* cu un înveliș de cauciuc și îmbrăcate apoi într'un tub metalic flexibil.

f) *Conducte sub plumb.* Sunt izolate cu cauciuc și apoi acoperite cu un înveliș de plumb.

g) *Conducte armate* ai căror conductori sunt izolați cu cauciuc, iar pe deasupra au o învelitură de protecție din împletitură de fire de oțel.

h) *Conducte în tuburi suple* de cauciuc acoperite cu țesătură de bumbac, iar pe deasupra cu un strat de cauciuc.

Conductele neizolate se întrebuințează în acele cazuri când izolația ar fi lesne distrusă, de exemplu în ateliere unde sunt vapori acizi. Dar, în asemenea cazuri, trebue luate măsuri ca

firele să nu facă contact cu pereții, cu obiectele înconjurătoare și să nu poată fi atinse de oameni.

167. **Stabilirea grosimii conductelor.** Secțiunea conductelor se determină astfel ca dela branșament până la receptor, căderea de tensiune să nu întreacă anumite limite. Căderile maxime admisibile sunt de 2% din tensiunea normală pentru lămpi (dacă tensiunea normală este 110 V, căderea admisibilă este deci de 2,2 V) și de 3,5% pentru motoare. Aceasta este o primă condiție. Insă curentul maxim, care trece prin conductă, nu trebue să o încălzească peste limitele admisibile.

Pe baza acestor două condiții se poate determina grosimea conductelor. Uneori, dacă puterea receptoarelor este mică și distanța este scurtă, rezultă grosimi foarte mici. Nu este admis să se întrebuințeze conducte prea subțiri. Limitele sunt următoarele: pentru conductele din interiorul lămpilor, grosimea minimă este de 0,75 mm², iar pentru conductele care alimentează lămpi sau prize 1 mm².

Dar, pentru a face calculul grosimii conductelor, trebue cunoscute receptoarele și puterea lor. Pentru lămpile incandescente se introduce în calcul puterea lor reală, dar cel puțin 50 de wați pe lampă, chiar dacă ele sunt mai mici, și cel puțin 500 wați pe circuit, chiar dacă sunt mai puțin. Pentru electromotoare se va socoti în calcul puterea cea mai mare pe care o pot absorbi. Pentru electromotoarele cu porniri repetate și în sarcină (ascensoare și poduri rulante) se va socoti odată și jumătate curentul normal.

Tuburile de protecție. Conductele izolate se pot instala în mai multe feluri:

— Uneori, mai ales pentru instalații provizorii, conductele sunt așezate pe izolatoare sau pe role de porțelan fixate pe pereți.

— Mai adesea, conductele sunt introduse în tuburi de protecție.

Cele mai folosite sunt tuburile numite *Bergman*. Ele sunt făcute dintr'o tablă subțire de 0,2 mm, plumbuită, înăuntrul căreia se găsește un înveliș de hârtie izolantă. Tubul metalic are o tivitură (falț) pe toată lungimea. Se folosesc aceste tuburi de protecție în încăperi uscate sau în acelea în care umezeala apare rareori și anume pentru montaj pe tencuială, dar mai adesea pentru

montaj sub tencuială. Din cauză că tivitura nu închide bine, iar îmbrăcămintea de hârtie absoarbe apă, asemenea tuburi nu se pot folosi în încăperi umede. Ele se fabrică de obicelu cu următorii diametrii interiori: 7, 9, 11, 13, 15, 16, 21, 23, 29, 36, 48 mm. Primele două dimensiuni se folosesc numai la sonerii şi telefoane.

Uneori, conductele se aşază în tuburi de oţel. Aceasta se face în cazurile când conductele electrice pot să fie supuse loviturilor, acţiunii prafului, aburilor sau gazelor corosive. De asemenea se mai întrebuinţează acest montaj când tuburile se fixează în planşee, în beton, etc.

Tuburile de oţel sunt de două feluri: unele din tablă de oţel, iar altele sunt din ţeavă cu şurub, îmbinarea acestora din urmă făcându-se prin înşurubare. Ele nu mai lasă să pătrundă înăuntru nici umezeala şi nici praful sau gazele corosive. Tuburile din tablă de oţel protejează numai împotriva loviturilor mecanice.

168. **Intrerupătoare**. Orice receptor de curent trebue să aibă un mijloc pentru întreruperea sau restabilirea circulaţiei curentului. Pentru instalaţiile de lumină se întrebuinţează întrerupătoare *rotative* sau *basculante* şi *întrerupătoare cu pârghie*. Intrerupătoarele rotative se compun dintr'o cutie în care se găsesc două contacte fixe, la care se leagă firele circuitului electric.

Un cilindru izolant se poate învârti în cutie; pe el se găseşte o piesă de metal care constitue contactul mobil.

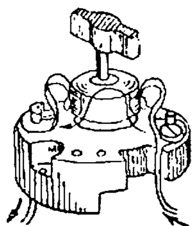


Fig. 260 a. — Intrerupătorul rotativ deschis

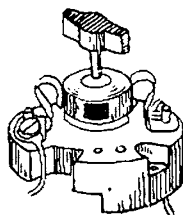


Fig. 260 b. — Intrerupător rotativ închis

Invârtind butonul întrerupătorului se roteşte cilindrul mai sus arătat: într'o poziţie, contactul mobil uneşte contactele fixe şi curentul trece prin circuit; în altă poziţie contactul mobil nu mai leagă contactele fixe şi curentul nu mai trece.

Trecerea dela o poziție la alta se face printr'o săritură, datorită unui resort. Motivul funcționării prin săritură este următorul: la întrerupere se formează un mic arc electric care strică capetele de contact. Pentru ca scânteia să fie scurtă trebue ca întreruperea să fie bruscă.

Se construesc întrerupătoare a căror cutie se instalează pe tencuială și altele a căror cutie se instalează sub tencuială.

Intrerupătorul basculant are, în loc de cilindru și buton de învârtire, o pârghie, care poate juca în sus și în jos în jurul unui ax.

Intrerupătorul cu pârghie are două contacte fixe unde se leagă firele circuitului. Contactul mobil este un cuțit ținut de o pârghie, prins cu un arc. Când tragem de pârghie arcul se întinde și face să sară cuțitul brusc producând o întrerupere repede, așa fel ca scânteia să nu dureze mult.

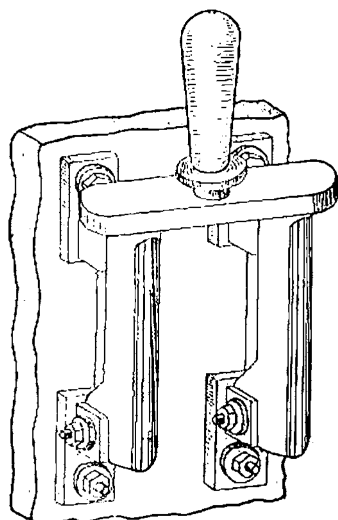


Fig. 262. — Intrerupător cu pârghie închis

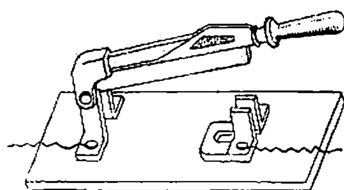


Fig. 261. — Intrerupător cu pârghie deschis

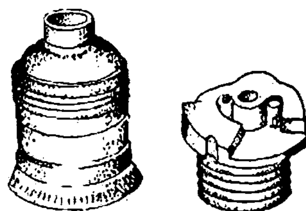


Fig. 263. — Dulie de lampă

Intrerupătoarele cu pârghie se montează pe tablourile de distribuție. Asemenea întrerupătoare se folosesc în general pentru intensități mari.

169. **Prize și dulii.** *Prizele de curent* servesc pentru a lega la un circuit aparate care pot să-și schimbe locul: lămpi portative, aparate pentru utilizarea curentului (plite, fierbătoare, etc.).

Ele se compun dintr'o parte fixă, priza propriu zisă, și partea mobilă, fișa sau furca.

Duliile sunt piesele care servesc la legarea conductelor cu becurile incandescente. Ele se fixează în corpurile de luminat și se compun dintr'un corp izolant, în care sunt fixate piese de contact cu ajutorul unor șuruburi de strângere și la care se leagă conductele de alimentare. Piesele de contact sunt un tub cu ghivent în interior și o limbă de contact. Un bec electric, înșurubat, face contact prin vârful soclului cu limba dela fundul duliei, iar cu suprafața laterală a soclului prin ghiventul duliei.

170. **Materiale auxiliare.** Intre aceste sunt:

a) *Piese de izolare:* role, izolatoare, tile, pipe, tuburi de cauciuc semiflexibile, bande izolante.

Rolele și izolatoarele servesc pentru sprijinirea conductelor montate la suprafața pereților, etc.

Tuburile semiflexibile servesc ca protecție la trecerea con-

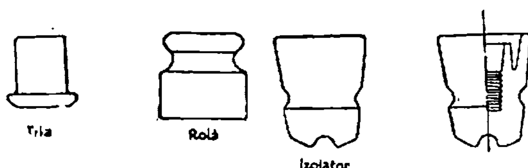


Fig. 264. — Piese de izolare

ductelor prin pereți.

Pipele și tilele sunt introduse în capetele tuburilor.

Banda izolatoare izolează porțiunile de legătură unde conductorii au fost desgoliți.

b) *Piese de fixare:* șuruburi, suporți, crampoane, scoabe.

c) *Materiale pentru lipit.*

d) *Papuci* care îmbracă capătul conductorilor, spre a putea fi prinși la borne.

e) *Materiale diverse:* ipsos, ciment (care servesc pentru fixarea în zid a tuburilor, aparatelor, etc.) petrol pentru curățit și benzină pentru lămpile de încălzit.

171. **Aparate electrice de utilizare curentă.** *Lămpi.* Becurile sunt îmbinate prin soclul lor în dulii. Se folosesc două feluri de îmbinări: prin şurub şi prin contacte înfipte (baionetă). La noi în ţară se întrebuinţează îmbinarea prin şurub şi foarte rar, cea prin baionetă. După mărimea becului, şurubul este de trei mărimi: mic, normal, până la 300 W, şi mare sau Goliath pentru becuri de peste 300 W. In încăperi umede şi acolo unde

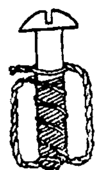
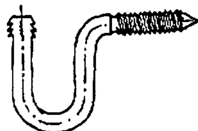



Fig. 265. — Piese de fixare

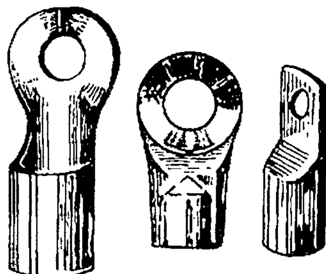


Fig. 266. — Papuci

se lucrează în contact cu părţi metalice, de exemplu în interiorul cazanelor, este necesar să se folosească lămpi electrice alimentate cu o tensiune foarte joasă, 24—42 V, întru cât tensiunile mai mari sunt periculoase în asemenea locuri.

Motoarele se aleg după situaţia locală şi anume pot fi:

— motoare deschise;

— motoare protejate contra atingerilor sau contra picăturilor de apă;

— motoare închise (capsulate sau blindate).

Tensiunile obişnuite sunt:

Pentru curent continuu: 110, 220 şi 440 V, iar pentru curent trifazat: 125, 220 şi 380 V.

D i s p o z i t i v u l d e p o r n i r e a l m o t o a r e l o r. Motoarele de curent continuu de 110 şi 220 V până la 0,5 kW se pot pune în mişcare numai printr'un simplu întrerupător. Cele de puteri mai mari vor fi prevăzute cu *reostat de pornire.*

Motoarele de curent trifazic cu indusul în scurt-circuit până la 2,2 kW, se pot pune în mişcare direct printr'un întrerupător. Cele între 2,2 şi 7 kW trebue să fie prevăzute cu aparate de comutat bobinajul indusului (stea-triunghiu).

Motoarele mai mari de 7 kW vor fi prevăzute cu *întrerupătoare automate cu* releuri *pentru tensiune nulă,* care vor trebui să întrerupă circuitul în momentul când tensiunea a scăzut sub o anumită limită. De asemenea vor avea un ampermetru instalat în apropierea reostatului de pornire.

Motoarele cu putere mai mare de 15 kW vor fi prevăzute cu întrerupătoare automate pentru *curent maximal* şi *tensiune nulă.*

Dacă într'o instalaţie sunt mai multe motoare cu o putere totală mai mare de 15 kW, va fi prevăzut un întrerupător general automat pentru curent maximal şi tensiune nulă.

Aparatele electrodomestice. Aparatele care absorb un curent de maximum 10 amperi se pot întrerupe numai prin scoaterea fişei din priză.

Aparatele care consumă un curent mai mare trebue să aibă întrerupător.

Aparatele electromedicale. Aparatele de înaltă tensiune ale instalaţiilor de raze X se aşază într'o cameră separată. Mesele pe care se aşază bolnavul trebue să fie de lemn sau din alt material izolant.

Puneri la pământ. Părţile metalice ale aparatelor care în mod obişnuit nu sunt sub tensiune dar care, din cauza unui defect de izolaţie pot fi puse sub tensiune, trebue legate de pământ. Astfel se procedează în special cu motoarele electrice.

172. **Ascensoarele.** La instalarea acestora trebue luate mai multe măsuri de siguranţă :

— Uşile exterioare trebue să aibă broaşte electrice care să împiedece deschiderea când ascensorul este între etaje, de asemenea să împiedece pornirea ascensorului când una din uşi este deschisă.

— Dispozitiv care să oprească automat ascensorul, când iuţeala de coborîre este prea mare.

— Dispozitivul ca, în momentul când ascensorul ar trece de capătul cursei în sus sau jos, curentul să se întrerupă.

— Cabinele ascensoarelor trebue să aibă două funduri, unul fiind de siguranţă. Când acest fund atinge un obstacol trebue să se producă oprirea cabinei.

— In sfârşit, un dispozitiv care să frâneze mişcarea, dacă vreun cablu de susţinere s'ar rupe.

173. **Instalații electrice în încăperi cu condiții speciale.** In încăperi umede: băi publice, spălătorii, fabrici în care se produc mari cantități de vapori, etc., instalațiile se execută în modul următor:

Tuburile de protecție sunt de oțel și se așază peste tencuială.

Intrerupătoarele se așază înafara acestor încăperi sau sunt de construcție specială (contra umidității). Lămpile sunt și ele impermeabile.

Nu trebue instalate motoare în aceste încăperi sau, dacă se instalează, motoarele trebue să fie protejate contra pătrunderii apei.

In încăperile în care se produc *vapori acizi* (săli de acumulatoare, tăbăcării, fabrici de produse chimice, etc.) se vor întrebuința conducte izolate care nu sunt atacate.

In încăperile în care se găsesc materiale ușor *inflamabile* (depozite de furaj, depozite de filme, în fabrici de lumânări, în localuri în care sunt vapori de benzină, petrol, etc.) se execută cu aceleași măsuri de siguranță.

174. **Verificarea instalațiilor electrice.** După terminarea unei instalații, ea trebue verificată dacă corespunde regulilor tehnice.

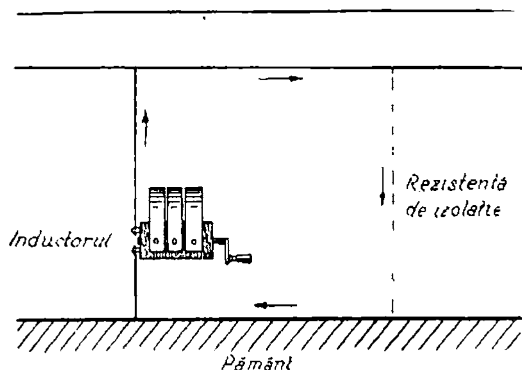


Fig. 267. — Măsurarea rezistenței cu inductorul

Cea mai importantă verificare este verificarea izolației, care se face cu *inductorul*, pe care l-am învățat.

Aparatul se leagă cu o bornă la pământ și cu cealaltă la conductorul a cărui izolație vrem să o măsurăm.

Se învârtește maneta inductorului, ceea ce are de efect producerea unei forțe electro-motoare. Circuitul ei se închide prin *rezistența de izolație* dintre conductor și pământ.

Dacă rezistența este mică, deci izolația defectuoasă se va produce un curent mare. Aparatul se gradează direct în ohmi.

Se cere ca rezistența să fie cel puțin de 1000 U (în care U este tensiunea rețelei) ; deci la instalațiile de 110 V va trebui ca izolația să aibă 110 000 Ω . De obiceiu instalațiile bine executate au rezistențe de cel puțin 0,5 M Ω (1 M Ω = 1 000 000 Ω).

O izolație defectuoasă poate produce mari neajunsuri: incendii și accidente de persoane.

Executarea verificării se face după prescripții speciale.

175. **Intreținerea instalațiilor electrice.** Instalațiile electrice trebue să fie revizuite din când în când și starea izolației trebue să fie controlată.

Toate părțile trebue ținute în bună stare: tablouri, siguranțe, întrerupătoare, etc.

Fuzibilele topite trebue înlocuite cu altele calibrate, iar nu cu sârme la întâmplare sau cu bucăți de metal.

Nu trebue să se înlocuească receptoarele prin altele mai mari decât cele prevăzute la început, căci vor absorbi un curent mai mare care poate pune în pericol instalația.

Contactele de legătură trebue să fie bine executate. Un contact rău produce încălziri.

Intrebări recapitulative

1. Să se descrie drumul curentului electric până la branșament.
2. Ce se numește instalație interioară?
3. Să se descrie planul unei instalații.
4. La ce servește tabloul de distribuție?
5. Cum se execută?
6. La ce servesc siguranțele fuzibile?
7. De câte feluri sunt?
8. De ce se înlocuesc siguranțele prin întrerupătoare automate? Ce avantaje au?
9. Ce sunt conductele electrice? Ce fel de conducte cunoașteți pentru instalațiile interioare?
10. La ce servesc tuburile protectoare ?
11. De câte feluri sunt?

12. Descrieţi tubul tip Bergman.
13. Cum se derivează conductele?
14. Cum se determină grosimea conductelor?
15. Unde se instalează întrerupătoarele? De câte feluri sunt?
16. Ce sunt prizele? Dar duliile?
17. Ce materiale auxiliare pentru instalaţie cunoaşteţi?
18. Ce este punerea la pământ?
19. Câte feluri de socluri de becuri sunt?
20. Ce construcţii au motoarele folosite în diferite scopuri?
21. Ce fel de întrerupătoare şi aparate de pornire trebue instalate la diferite mărimi de motoare?
22. Ce măsuri se iau la instalarea aparatelor casnice? Dar la cele medicale?
23. Ce măsuri de siguranţă sunt necesare pentru ascensoare?
24. Instalaţiile electrice se execută la fel în orice fel de încăperi?
25. Ce măsuri tehnice se iau în încăperile în care sunt condiţii speciale?

XVIII. INTREBUINȚARILE ELECTRICITAȚII

Electromotoarele

176. **Motorul electric este un neprețuit ajutor al lucrătorului.** Toate mașinile care trebue mișcate, sunt acționate de motoare. Pot fi folosite și alte motoare, nu numai cele electrice și anume: mașini cu abur, motoare cu ardere internă (cu explozie sau Diesel) motoare cu aer comprimat, motoare hidraulice.

Motorul electric, are însă foarte multe calități care-l fac superior celorlalte și, din această cauză, este cel mai întrebuințat.

Motorul electric are o construcție simplă și este lesne de instalat, pe când toate celelalte motoare sunt construite mai complicat, și au nevoie de reparații, de întreținere specială și de supravegherea unui specialist.

Toate motoarele au manevre de pornire și oprire mult mai complicate decât ale motorului electric, care poate fi pornit printr'o simplă învârtire de manivelă, operațiune pe care o poate îndeplini oricine.

Motorul electric face, în general, un mare număr de învârtituri pe minut; de aceea el este de dimensiuni mult mai mici decât orice alt motor de aceeași putere. Invârtituri mai puține se pot obține prin angrenaje reducătoare.

In sfârșit, celelalte motoare cer instalații pentru depozitarea combustibilului și manipularea lui, pe când motorul electric primește curentul prin conducte dela centrale producătoare, de aceea nu dă nicio grijă pentru combustibil.

Intr'o fabrică sau atelier, în care sunt multe mașini în diferite locuri, trebue să fie mai multe motoare, răspândite câte unul la fiecare mașină, sau la fiecare grupă de mai multe mașini.

Dacă nu am avea motoare electrice, această soluție ar fi greu de aplicat numai cu mașini cu abur sau cu motoare cu ardere internă. Cu ajutorul electricității, putem avea forță motoare în orice loc cu cea mai mare ușurință.

Motoarele se construesc cu forme foarte diferite, ca să se poată potrivi cât mai bine cu mașina pe care trebue să o acționeze. Prin perfecționări, spațiul ocupat de un motor a ajuns să fie foarte redus și, de aceea, chiar în cazurile speciale i se poate găsi un loc (gândiți-vă la motorașul dintr'un aparat de uscat părul).

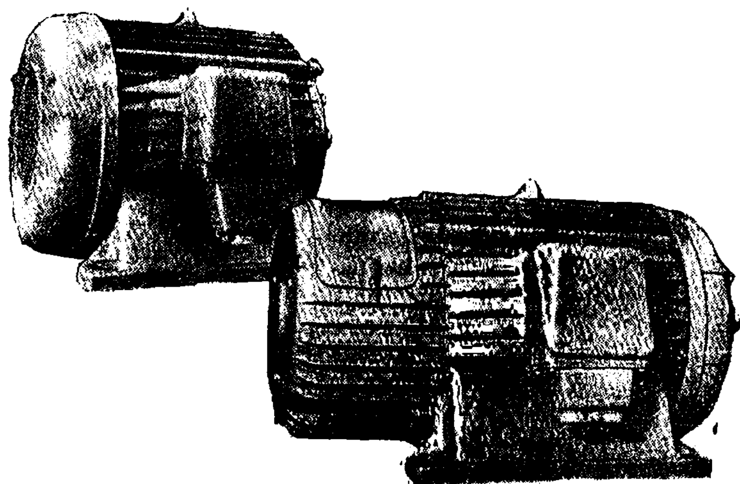


Fig. 268. — Diferite tipuri de motoare electrice

In adevăr, motorul electric este unul dintre cei mai prețioși ajutori ai muncii omului.

El înmulțește nebănuit puterea de producție.

De aceea este folosit aproape în orice activitate productivă. Ne-ar trebui multe pagini ca să înșirăm toate locurile unde întrebuințarea lui este cerută. Vom semnala numai pe cele mai importante.

Aproape oriunde se mai folosește forța fizică a omului, motorul electric poate veni în ajutor, eliberându-l astfel de sarcini

copleşitoare şi făcându-l disponibil pentru alte întrebuinţări mai potrivite.

Sunt operaţiuni la care forţa fizică aplicată nu este mare, dar este cerută în continuu şi prin aceasta este obositor; cum este mişcarea unei pedale la maşina de cusut, sau a unei manivele (de exemplu la o maşină de bătut untul sau chiar la o maşină de calculat).

Şi aceste mici forţe sunt înlocuite lesne şi cu folos de motorul electric.

Chiar acolo unde experienţa a dat rezultate foarte bune cu motoare cu abur sau cu ardere internă, se constată deseori că motorul electric, aplicat în mod potrivit scopului, poate da rezultate şi mai bune.

Organizarea socialistă a muncii, urmăreşte crearea unor asemenea condiţii încât lucrătorul să obţină o *productivitate cât mai mare,* cu un efort cât mai mic.

Productivitatea muncii este cantitatea de produse obţinute în unitatea de timp.

Motorul electric este un auxiliar nepreţuit în vederea acestui rezultat.

De aceea, R. P. R. va trebui cât mai curând să producă cât mai multă energie electrică pentru a se înmulţi motoarele în fabrici, în ateliere, la munca agricolă, etc.

177. **Motoarele electrice pentru maşini de întrebuinţare generală.** In primul loc vom aminti de acele maşini, care se întâlnesc în cele mai multe fabrici sau activităţi productive şi care, deşi nu sunt maşinile principale pentru fabricaţie, totuşi, sunt nişte auxiliari foarte preţioşi.

Astfel sunt: *pompele cu piston şi cele centrifugale* (adică cu palete care împing apa la mare distanţă sau cu mare presiune), *ventilatoarele,* care primenesc aerul, *compresoarele,* care împing aerul necesar diferitelor operaţiuni de fabricaţie, *macaralele, podurile rulante, etc.*

Aceste maşini sunt aproape întotdeauna mişcate de motoare electrice.

178. **Motoare pentru maşini speciale.** Fiecare industrie şi activitate de producţie are însă maşinile ei speciale, care nu se

întâlnesc în alte industrii și care sunt mișcate de motoare electrice.

In atelierele mecanice, mașinile unelte (strung, mașina de găurit, de rabotat, freză, etc.) sunt puse în mișcare fiecare de câte un motor electric (aceasta se numește acționare independentă) uneori mai multe mașini unelte sunt puse în mișcare prin curele și roți de transmisiune dela un arbore. Acționarea independentă are avantaje și se folosește din ce în ce mai mult.

Tipul de motor cel mai des aplicat este cel asincron. Se poate aplica foarte bine și motorul de curent continuu, când se dispune de acest curent. Variația de viteză se obține prin schimbători cu roți dințate. In ce privește mărimea motoarelor, puterea lor variază după felul mașinii,dela ½ CP până la 50—60 CP.

In fabricile și atelierele de prelucrat lemnul se folosesc diferite mașini, care sunt mișcate de motoare electrice de putere până la aproximativ 20—25 CP.

In industria prelucrării oțelului, motoarele electrice au, în special, rolul de a mișca laminoarele, valțurile puternice care din oțelul brut fabrică tabla, fierul profilat, șinele, etc. Aici sunt necesare motoare puternice și instalații speciale din cauza modului de funcționare. In adevăr, când oțelul brut intră în valțuri se cere dela motor o putere foarte mare; după ce materialul a fost prelucrat și a ieșit afară, până la introducerea unei alte bucăți de oțel brut, motorului nu i se mai cere o putere mare.

Puterea motoarelor pentru laminare este de mai multe mii de kW.

In fabricile textile sunt necesare motoare pentru acționarea diferitelor mașini care prelucrează bumbacul, lâna, etc., pentru a le transforma în fire, în țesături și stofe.

Acționarea se face prin câte un motor la câte un grup de mașini sau pentru fiecare mașină în parte. Puterea necesară este în general mică, variind între ½ CP până la maximum 10 CP.

Morile de făină sunt și ele acționate de motoare electrice.

In fabricile de ciment motoarele sunt necesare pentru concasoarele care sfărâmă materia primă (anumite argile și pietre de var) pentru transportul produselor, pentru acționarea cuptoarelor rotative și pentru diferite alte operațiuni accesorii.

In fabricile de celuloză și hârtie, motoarele electrice sunt ne-

cesare în special, pentru morile de lemn și mașinile care transformă pasta în hârtie.

In atelierele de arte grafice sunt în general folosite motoare mai mici.

In industria frigului și a fabricației gheței artificiale, motorul electric este indispensabil.

La exploatările miniere cererea de forță motoare este foarte mare, pentru diferite scopuri.

Aproape toate minele au nevoie de pompe pentru a îndepărta apa. Motoarele electrice în aceste cazuri trebue să fie de construcție specială, căci stau tot timpul în atmosferă umedă și mai sunt expuse și picăturilor de apă.

Din cauză că ele trebue să fie cât mai sigure, se fac de o construcție robustă; de aceea, se folosesc aproape numai motoare asincrone de mare viteză.

In minele de cărbuni, în care se produc gaze explozibile, motoarele sunt astfel construite ca scânteile să nu producă aprinderea gazului.

Ventilatoarele, care duc în adâncime aerul proaspăt și-l scot pe cel viciat, sunt acționate de motoare electrice.

Grupurile motoare ventilatoare sunt instalate la suprafața pământului, deci nu trebue luate măsuri speciale ca pentru acelea care funcționează în adâncime.

Pentru găurirea galeriilor se folosesc mașini care pot fi acționate electric dar, foarte adeseori, prin aer sub presiune, produs de compresoare mișcate de motoare electrice.

Ridicarea minereurilor sau cărbunilor din mine se face cu macara'e sau cu mașini de extracție mișcate de motoare electrice. Ele funcționează în condiții speciale: puneri în mers dese, sarcină la pornire mare, efort continuu în timpul ridicării, etc.

Din cauza pornirilor repetate se pierde multă energie la reostatul de pornire, de aceea, pentru asemenea mașini se folosește mai bine o combinație după sistemul numit Leonard. Acesta se compune dintr'un motor de curent alternativ sau de curent continuu, care acționează un generator de curent continuu: curentul produs alimentează un motor de curent continuu care mișcă mașina de extracție. Curentul de excitație al generatorului de curent continuu poate să fie modificat dela 0 până

la valoarea maximă şi i se poate chiar schimba sensul cu ajutorul unui comutator. In felul acesta tensiunea produsă de generator poate fi variată. Bine înţeles că în felul acesta viteza motorului va varia treptat şi sensul de rotaţie se poate schimba uşor.

Sistemul Ward-Leonard se foloseşte şi la laminoare.

In sfârşit, motorul electric se mai întrebuinţează la mine pentru transportoare, ascensoare şi alte maşini.

La exploatările de ţiţeiu, motoarele electrice sunt folosite la foraje (găuri în pământ), care uneori se execută până la câteva mii de metri adâncime; prin ele se scoate ţiţeiul.

Apoi la diferitele staţiuni de pompare legate cu conducte, care transportă la rafinerii ţiţeiul extras.

La rafineriile de ţiţeiu sunt numeroase motoare electrice, în special pentru pompe de apă şi pentru a transporta produsele petrolifere obţinute la locurile lor de încărcare, de depozitare, etc.

In sfârşit, *într'o serie de alte industrii,* motoarele electrice sunt de asemenea de cel mai mare folos.

Dar şi *în micile ateliere meşteşugăreşti* putem găsi adeseori motoare electrice: în brutării, pentru frământarea aluatului, în cofetării, la preparat diferite produse (bătut albuşul, frişca), în mezelării, pentru tocat şi amestecat, etc.

Nu numai în industrie dar şi *în agricultură* este necesar motorul electric.

La ţară nu există ca la oraş alimentarea cu apă prin conducte. Se pot face însă puţuri, de unde apa poate fi lesne scoasă cu ajutorul pompei mişcată de un motor electric şi, apoi, distribuită prin conducte acolo unde este nevoie.

Alte maşini necesare unei gospodării agricole şi care pot fi acţionate electric sunt: maşina de tocat nutreţ, maşina de muls, maşina centrifugă pentru scos untul, elevator pentru ridicarea paielor, fânului în stog, maşini de treierat, de tuns oile, etc.

Apoi, atelierul de reparat uneltele agricole are şi el nevoie de motoare electrice. In agricultură este adesea necesar să deplasăm motoarele în diferite locuri şi, de aceea, se întrebuinţează motoarele transportabile.

Se înţelege însă că, numai o exploatare agricolă mai mare şi mai bine organizată va putea să aibă asemenea instalaţii.

Gospodăriile colective vor putea să introducă electricitatea la ţară, uşurând munca oamenilor.

Un alt loc în care motorul electric are un rol foarte important sunt *porturile*. Mişcarea produselor, pentru a fi încărcate şi descărcate, cere macarale de diferite tipuri şi puteri.

In porturi avem magazii mari precum sunt acelea de cereale (silozurile), în care sunt totdeauna instalate un mare număr de motoare electrice.

Dar de forţă motoare este nevoie şi *în locuinţe*. Nu se cer puteri mari ca în fabrică, totuşi, motoare mai mici sunt foarte folositoare.

Ascensoarele, fără de care urcatul într'o clădire mai înaltă este greu, sunt acţionate de motoare.

Injectorul de păcură al caloriferului are un motor care mişcă pompa pentru împingerea combustibilului şi un ventilator de aer.

Răcitorul, aspiratorul de praf şi chiar un mic aparat de uscat părul sunt echipate cu motoare electrice. Apoi la clădirile cu mai multe etaje apa este ridicată cu ajutorul unor pompe mişcate de motoare electrice şi care se numesc hidrofoare.

179. **Câteva lucruri de ştiut relativ la motoarele electrice:**

a) Motoarele electrice trebue ţinute curate.

b) Să se verifice din când în când starea uleiului lagărelor, căci cu timpul uleiul se îngroaşă; atunci trebue scos, lagărul trebue curăţat cu petrol şi apoi se înlocueşte uleiul cu altul proaspăt. Motoarele care au lagărele pe bile au mari avantaje: cu gresajul dela început, pot să funcţioneze chiar 2—3 ani fără vreo întreţinere.

Temperatura lagărelor se controlează cu mâna.

c) Colectorul trebue să fie menţinut neted. Dacă s'a uzat mult din cauza funcţionării trebue să fie rotunjit din nou.

d) Pentru a nu se produce scântei, periile de cărbune trebue să fie în poziţia lor normală; ele nu trebue să preseze prea tare pe colector.

e) La pornirea motoarelor de curent continuu trebue să se observe următoarele: se închide întrerupătorul numai dacă maneta reostatului de pornire este pusă în poziţia de întrerupere. Apoi maneta se mişcă spre poziţia de mers în plin, încet, dar fără a întârzia pe fiecare contact mai mult decât câteva secunde.

Nu trebue niciodată să se lase maneta pe un contact intermediar.

La oprire se manevrează maneta în sens invers şi apoi se deschide întrerupătorul general.

Pornirea şi oprirea motoarelor alternative se face la fel.

f) La motoarele electrice mai mari trebue instalate *întrerupătoare automate,* care deschid circuitul atunci când s'a ivit un defect. Deschiderea este pricinuită de aparate numite *relee.* Ele au un rol foarte important căci protejează motorul de accidentele care-l pot vătăma.

Intrebări recapitulative

1. Care sunt avantajele motorului electric faţă de alte motoare?
2. Care sunt întrebuinţările principale ale motoarelor în diferitele industrii?
3. Idem în ateliere?
4. Idem în agricultură?
5. Idem în locuinţe?
6. Cum se porneşte un motor?
7. Ce măsuri de întreţinere şi exploatare trebue să luăm?

Tracţiune electrică

180. **Ce avantaje are tracţiunea electrică ?** Tracţiunea electrică este una din aplicaţiile electricităţii care ia o desvoltare din ce în ce mai mare.

Transportul oamenilor şi al mărfurilor pe calea ferată, se face în vagoane trase, de obiceiu, de locomotive cu abur. Aceasta este tracţiunea cu abur.

De mult s'a introdus însă şi locomotiva electrică, mişcată de motoare electrice.

Tracţiunea electrică are multe avantaje asupra aceleia cu abur ; vom arăta câteva :

— Energia electrică este produsă în centrale care pot folosi combustibili inferiori sau forţa apelor curgătoare pe când locomotivele cu abur întrebuinţează păcură sau cărbuni de calitate superioară. Deci, *tracţiunea electrică economiseşte combustibilii de bună calitate.*

— In centrale electrice transformarea combustibililor în

Tracțiunea electrica s'a desvoltat in toate țările care au *de aici rezultând o economie de combustibil.*

— Tracțiunea electrică nu produce fum, foarte supărător când calea ferată trece prin oraș sau prin tunel.

— Locomotiva electrică pornește repede din loc; pe pante sau in curbe trage mai bine decât cea cu abur. De aceea este în special folosită pentru căile ferate de munte. Ea este mai ușoară decât cea cu abur, deci se face economie de materiale.

— Intreținerea locomotivei electrice este mai ieftină decât a celei cu abur, etc.

181. **Instalațiile unei căi ferate.** Locomotivele electrice sunt puse în mișcare de *motoare electrice;* ele nu mai au deci cazan, pistoane, biele, etc., nici tender cu cărbuni și apă.

Motoarele sunt complet închise pentru a fi ferite de atingere.

Mișcarea se transmite la roți prin angrenaje, care și ele sunt închise în cutii pline cu unsoare.

Curentul electric este primit dela o centrală electrică prin fire aeriene și prin șine.

Se întrebuințează următoarele feluri de curent: alternativ trifazat, alternativ monofazat și continuu.

Sistemul trifazat permite folosirea motorului asincron care este robust.

Curentul monofazat permite folosirea motorului monofazat cu colector, care are o forță mare la pornire, lucru foarte important căci locomotiva poate trage trenuri foarte încărcate și poate porni și în pantă. Dar motorul de curent monofazat este mai greu decât cel de curent continuu.

Curentul folosit nu mai are frecvența obișnuită de 50 perioade pe secundă, ci una mai mică, de 16 2/3. Deci, trebue instalații speciale pentru a produce curent cu această frecvență redusă.

Curentul continuu are multe avantaje: se poate folosi motorul serie, foarte bun pentru acest scop căci are forță mare de pornire, viteza se poate schimba, etc.

Tensiunea de alimentare pentru curentul monofazat este de circa 15 000 V, iar pentru curentul continuu 3000—4000 V.

Manevrele pentru pornire, variația vitezei și oprirea mo-

torului se fac cu ajutorul unui aparat numit *controler*. Un asemenea controler are și tramvaiul electric.

Frânarea trenurilor electrice se face obișnuit ca și la trenurile cu abur (adică prin frâna de mână și cu aer comprimat), dar și prin frânare electromagnetică și prin frânare electrică.

Frânarea electromagnetică se bazează pe atracția dintre

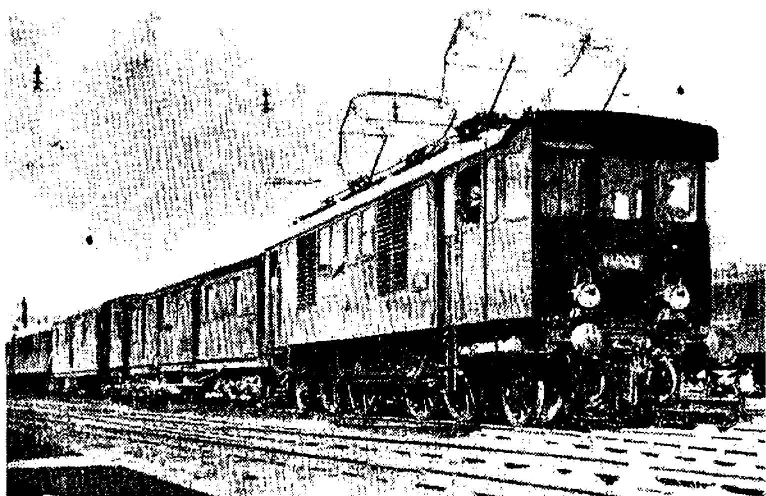


Fig. 269. — Locomotivă electrică

electromagneți fixați pe osii și piese de fier fixate de vagon. Când se trimite curent în electromagneți se produce o forță de atracție care frânează învârtirea osiei.

Frânarea electrică constă în a schimba legăturile motorului astfel ca el să devină generator electric și, deci, să absoarbă forța mecanică a vagonului pentru învârtire.

Să urmărim acum instalațiie prin care curentul ajunge la locomotivă.

Dela centralele electrice pleacă linii aeriene de transport electric care se opresc în diferite puncte așezate de-a-lungul căii ferate. Tensiunea de transport, după cum știm, este mare și depinde de depărtarea centralei.

La punctele de terminare ale liniilor se găsesc stații care *alimentează firele de cale*, adică firele așezate pe stâlpi de-a-lungul liniei ferate.

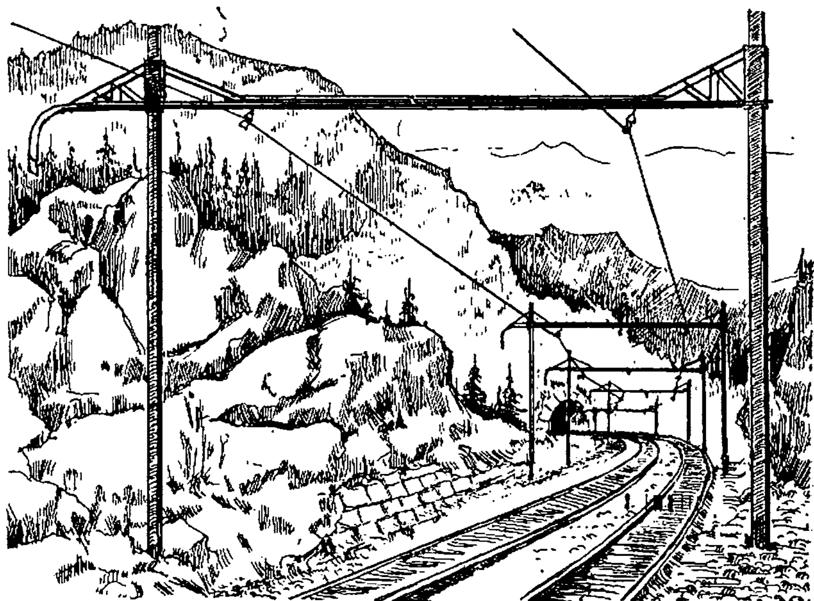


Fig. 270. — Cale ferată electrificată

Locomotiva are deasupra ei unul sau mai multe brațe (troleiul), care fac contact cu firul aerian şi primesc astfel curentul. O altă cale de curent sunt *șinele*.

Am arătat însă că se pot folosi diferite feluri de curent. Să cercetăm cum se face alimentarea pentru fiecare.

Dacă locomotiva este pentru curent trifazat, trebue trei căi de curent, care se obțin astfel: două sunt linii aeriene, iar a treia şinele. Aceasta este un neajuns față de celelalte feluri de curent care au nevoie numai de un fir aerian.

In centralele electrice se produce aproape întotdeauna curent trifazat. Dacă se folosește curentul monofazat sau continuu la stațiile de alimentare trebue făcută transformarea din curent trifazat în curent monofazat.

Inafara acestui sistem de tracţiune electrică se mai folosesc: *a)* baterii de acumulatoare instalate pe locomotivă; *b)* motoare Diesel sau turbine de gaz, care acţionează generatoare electrice producând curent electric chiar pe locomotivă.

Curentul produs mişcă apoi motoare de tracţiune.

182. **Alte aplicaţii ale tracţiunei electrice.** Tracţiunea electrică este folosită nu numai pentru trenuri dar şi pentru tracţiunea în oraşe: tramvaie, trenuri subterane (metropolitane) şi troleibuse. Curentul folosit este cel continuu cu tensiunea de 600—800 V, care se obţine din curentul alternativ cu ajutorul convertisoarelor sau redresoarelor instalate în *staţiuni* aflate în diferite puncte ale reţelei de tracţiune.

Toate oraşele mari au linii cu trenuri subterane. Moscova are cea mai modernă şi cea mai frumoasă instalaţie de metropolitan. Această realizare arată marile posibilităţi ale tehnicei sovietice, cea mai avansată tehnică.



Fig. 271. — Tramvai electric

Troleibusul este un autobus cu motor electric care primeşte curentul prin fire de cale.

La Bucureşti s'au introdus troleibuse, datorită ajutorului dat de U.R.S.S.

Se mai folosesc locomotive electrice cu acumulatoare pentru mine sau pentru alte transporturi pe distanţe mici.

Tracțiunea electrică s'a desvoltat în toate țările care au surse mari de energie hidraulică.

Și în R.P.R. va trebui să fie electrificată o parte din liniile grele de munte, cu trafic mare.

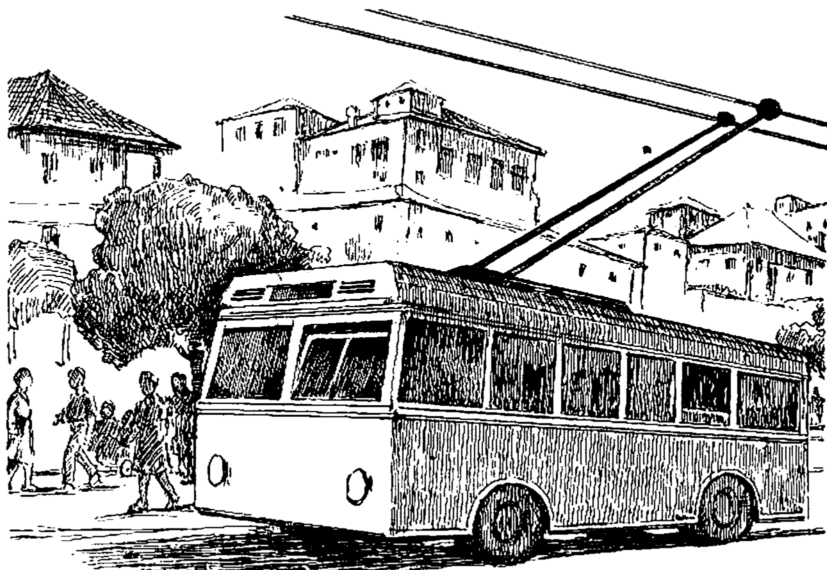


Fig. 272. — Troleibus

Trebue să mai notăm că electricitatea este folosită și de alte mijloace de transport: trenurile au instalații de luminat electric, autovehiculele, vapoarele și avioanele au și ele instalații electrice foarte importante.

In sfârșit, funicularele care servesc la transportul oamenilor sau produselor în munte, acolo unde nu se pot construi drumuri sau căi ferate, sunt și ele deseori puse în mișcare de motoare electrice.

Intrebări recapitulative

1. Ce avantaje are tracțiunea electrică?
2. Cum este alcătuită o instalație de cale ferată electrică?
3. Ce fel de curent se folosește?
4. Care sunt avantajele și desavantajele fiecărui fel de curent?
5. Ce alte aplicații ale tracțiunii electrice cunoașteți?

183. **Aplicaţii industriale.** In lecţiile trecute am văzut cât de lesne se poate transforma energia electrică în energie calorică.

Intrebuinţările practice ale acestei proprietăţi sunt numeroase şi de mare folos.

Electrocăldura este folosită în industrie, în special pentru următoarele scopuri:

Cuptoare pentru topit metalele, care pot să fie cu arc, prin inducţie sau de înaltă frecvenţă, cuptoare pentru obţinerea fontei şi oţelului; cuptoare pentru obţinerea aluminiului, zincului, plumbului, fosforului, wolframului, grafitului, carbidului; cuptoare pentru uscat lacuri, emailuri, caolin, în industria textilă, industria uleiului, industria frigului, etc.

Sudura electrică prin arc sau prin rezistenţă.

Alte aplicaţii ale electrocăldurii sunt în locuinţe, în spitale, cantine şi anume: pentru gătit, pentru copt, pentru răcitoare, pentru preparat apa caldă, pentru călcat, etc.

Electrocăldura mai poate să fie folosită pentru încălzit încăperile.

In sfârşit, în exploatările agricole, electrocăldura îşi are aplicaţii la lăptării, instalaţii de răcire, sterilizare, pentru preparat conserve, etc.

Cunoaştem care sunt fenomenele chimice pe care le produce curentul electric.

Cele mai importante aplicaţii industriale sunt la obţinerea metalelor din minereuri precum şi la rafinarea unor metale, în special cuprul.

Toate aceste aplicaţii cer în general, cantităţi mari de electricitate; desvoltarea lor în R.P.R. se va putea face treptat odată cu construirea marilor centrale termoelectrice şi hidroelectrice prevăzute în planul de cinci ani.

Luminatul electric

184. **Din istoricul luminatului electric.** Luminatul electric a fost una dintre primele aplicaţii ale curentului electric la desvoltarea căreia au contribuit mulţi tehnicieni ruşi: B. S. Iacobi,

V. N. Cikolev, P. N. Iablocikov, A. S. Popov, L. N. Lodâghin. Petrov a dovedit primul posibilitatea întrebuinţării electricităţii la luminat.

Lucrărilor acestor tehnicieni, le datorăm luminatul electric.

Experienţele lui Iacobi, făcute în anul 1848 la Petersburg (actualul Leningrad), au avut un succes deplin. Mai târziu, Cikolev a inventat lampa cu arc. Lucrările lui Cikolev au fost continuate de Iablocikov inventatorul lumânării electrice, cunoscută în istoria electrotehnicii sub numele de lumânarea lui Iablocikov. Parisul a fost mai întâiu luminat cu asemenea lămpi.

In ce priveşte pe Lodâghin, el a avut prima idee şi a construit primul bec cu încandescenţă.

Din timpurile cele mai vechi omul a luptat împotriva întunericului nopţii, încercând să producă lumină prin diferite mijloace. Dar în decursul secolelor n'a avut la dispoziţie decât mijloace reduse şi costisitoare de luminat.

Electricitatea a produs o revoluţie foarte mare căci luminatul electric are foarte multe avantaje faţă de celelalte feluri de luminat artificial.

Un bun luminat nu numai că produce plăcere, dar contribue foarte mult la îmbunătăţirea condiţiilor de muncă şi de viaţă.

In fabrici şi ateliere contribue la sporirea producţiei, întru cât acolo unde se poate vedea mai bine, se lucrează şi mai repede şi mai bine, iar accidentele de muncă se reduc.

In şcoli, luminatul raţional uşurează şi îndeamnă la muncă pe elevi.

In ce priveşte luminatul străzilor, un bun luminat contribue la mărirea vitezei de circulaţie, deci accidentele se răresc, dă o înfăţişare mai plăcută localităţii în timpul nopţii, scoate în evidenţă monumentele, pieţele şi clădirile importante.

Oricare ar fi calităţile luminii artificiale ea rămâne totuşi departe faţă de lumina zilei.

Orice izvor de lumină dă un flux de lumină Φ, care se măsoară în *lumeni*, notat prescurtat lm.

Fluxul luminos care cade pe o suprafaţă de 1 m², se numeşte *iluminare* şi se măsoară în *lucşi*, notat prescurtat lx.

Deci $E = \frac{\Phi}{S}$

Intensitatea de iluminare naturală variază foarte mult. Astfel, la amiază, într'o zi de vară cu soare, E este aproximativ 100 000 lx; în zilele noroase se coboară la câteva mii de lx, pe înserat este de 1—100 lx, iar noaptea cu lună de 0,2 lx.

Gradul de iluminare al unei suprafețe depinde de distanța la care se găsește de lampă.

Cu cât distanța este mai mare, cu atât și iluminarea este mai mică și anume, scade proporțional cu pătratul distanței.

Dacă se înseamnă cu I intensitatea izvorului de lumină (a lămpii) și cu d distanța până la suprafața luminată, atunci într'o direcție oarecare

$$E = \frac{I}{d^2}$$

(gradul de iluminare a suprafeței perpendiculare pe aceea direcție în punctul considerat).

185. **Condițiile unui bun luminat.** Pentru ca un luminat să fie bun, trebue să îndeplinească mai multe condiții:

Luminarea trebue să fie destul de puternică.

Intr'o încăpere unde se lucrează trebue să fie un *luminat general* printr'un număr de lămpi potrivit așezate, iar *în locurile de muncă* (acolo unde se scrie, se citește, sau se lucrează la o masă, etc.) trebue asigurat un *surplus de lumină.*

Din experiență și cercetare s'a stabilit gradul de luminare necesar pentru diferite locuri.

Vederea nu trebue să fie supărată printr'o lumină prea strălucitoare, care să pătrundă direct în ochi sau să pătrundă prin reflexii. De aceea becurile trebue să aibă întotdeauna o apărătoare, eventual un glob.

Lumina trebue să fie repartizată cât mai uniform. Variațiile de luminare dela un loc la altul obosesc ochiul.

Trebue apoi evitate *umbrele puternice.*

In sfârșit, mai are importanță și *coloarea luminii.* Suntem obișnuiți cu lumina albă a zilei și diferitele sisteme de luminat caută să asigure o lumină cât mai apropiată de aceasta.

Fig. 273—277 arată regulile de mai sus în imagini.

186. **Realizarea unui bun luminat.** Pentru a obține un bun luminat, acesta trebue studiat din mai multe puncte de vedere:

a) *Sistemul de luminat:* — direct, în care razele de lumină cad direct pe obiectele pe care le luminează;

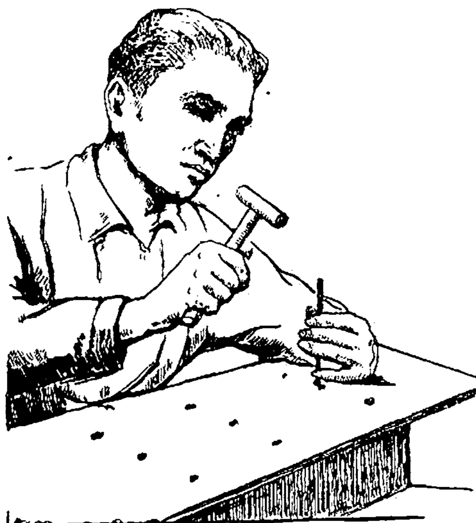


Fig. 273. — Buna luminare sporeşte productivitatea muncii



Fig. 274. — Contrastele de lumină şi umbră supără ochiul



Fig. 275. — Strălucirea directă împiedecă vederea



Fig. 276. — Strălucirea indirectă este vătămătoare

— indirect, în care razele de lumină sunt îndreptate spre tavan de unde sunt reflectate și împrăștiate în toată încăperea ;

— semi-direct, când o mare parte din lumină vine direct, iar o mică parte este îndreptată spre tavan de unde se reflectă ;

— semi-indirect, când dimpotrivă cea mai mare parte din lumină este îndreptată spre tavan ;



Fig. 277 — Umbrele tari, îngreunează munca

— difuz, când lumina este egal repartizată în toate direcțiile.

Fiecare din aceste feluri de luminat are întrebuințările sale Primul se folosește în fabrici și ateliere ; are desavantajul că dă umbre.

Luminatul indirect se întrebuințează în locuințe și birouri, teatre, cinematografe, etc. Dă o lumină uniformă și fără umbre, dar este mai scump decât celălalt.

Luminatul semi-direct sau semi-indirect se face mai ales în birouri.

b) *Alegerea felului lămpilor.* Lămpile, sau mai bine zis corpurile de lampă, au scopul să poarte becul, să împrăştie lumina în mod uniform şi să împiedece ca ochiul să privească direct becul, care este supărător prin strălucirea lui.

Dacă luminatul s'ar face cu becurile goale, nu s'ar putea obţine condiţiile indicate la început: uniformitate, evitarea strălucirii, etc.

De aceea becurile se instalează în lămpi. Prin reflexie şi prin străbaterea de suprafeţe de sticlă se obţin condiţii pentru o bună împrăştiere a luminii.

Corpurile de lampă sunt diferite, după locul unde sunt folosite: în încăperi închise, în spaţii deschise (străzi, pieţe, curţi), în vehicule, sau în alte locuri.

Ele pot fi aşezate: pe tavan, pe pereţi (aplice), sau să se sprijine pe pardoseală (lampadar). In fig. 278 sunt arătate tipurile mai des întrebuinţate.

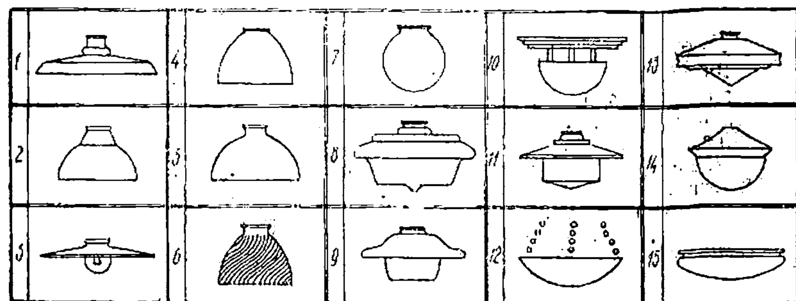


Fig. 278. — Lămpi

Iată explicaţiile acestor feluri de lămpi.

— Lămpi pentru luminat direct cu reflector din tablă smălţuită. *1.* Reflector special; *2.* Reflector adânc; *3.* Reflector plat.

— Lămpi pentru luminat direct cu reflectoare de sticlă deschise jos: *4.* Sticlă uşor opalizată; *5.* Sticlă foarte opalizată; *6.* Sticlă argintată.

— Lămpi pentru luminat direct cu reflectoarele închise şi semi-închise: *7.* Glob difuzant cu sticlă uşor opalizată; *8.* Glob difuzant special; *9.* Glob difuzant şi cu reflector metalic; *10.* Glob pe jumătate închis, cu reflector metalic; *11.* Glob special.

— Lămpi pentru luminat semi-indirect şi indirect: *12*. Cupă uşor opalizată; *13*. Cupă foarte opalizată; *14*. Cupă de sticlă argintată pentru luminat indirect; *15*. Cupă de tablă emailată pentru luminat indirect.

Indreptarea în direcţia dorită a razelor de lumină se obţine prin reflectoare, globuri, etc.

Sticla opacă (lăptoasă) difuzează, cea mai bine, lumina.

c) *Modul de repartizare al lămpilor*. Lumina dată de o lampă este aproape uniformă numai pe o anumită zonă în jurul ei. Inafara acestei zone luminatul este slab.

De aceea lămpile trebue repartizate şi aşezate la înălţime potrivită.

Astfel, pentru luminatul direct, se recomandă ca distanţa între lămpi să fie mai mică decât 1,5 ori înălţimea lămpii deasupra locului ce trebue luminat.

d) *Gradul de luminare* (iluminarea). Gradul de luminare se măsoară în *lucşi* cu ajutorul unui aparat numit *luxmetru*.

Se recomandă următoarele cifre:

Bibliotecă	80	Fabrici de produse chimice	30—60
Săli de clasă în şcoli	80	Fabrici de ciment	30—100
Ateliere de şcoli	100	Laboratoare de control şi verificare	60—150
Birouri	60	Ateliere de forje şi sudură	60—100
Magazine	60—80	Filaturi	40—100
Oţelării	20—60	Ateliere mecanice	60—120
Cazangerii	80—100		
Ateliere de constr. electrice	60—100		

Turnătorii	Hala formării miezurilor de mari dimensiuni	60
	Hala de turnat	60
	Hala formării miezurilor de mici dimensiuni	100
Sticlării		50—80—100

e) *Alegerea mărimii becurilor*. Pentru a da gradul de luminare mai sus arătat, trebue instalat un număr suficient de lămpi, după fluxul pe care-l dau.

Cunoscând gradul de luminare E şi suprafaţa S ce trebue luminată se obţine fluxul luminos I pe care trebue să-l dea lămpile. Astfel:

$$I = \frac{ES}{\eta},$$

η este randamentul luminării, pe care trebue să-l introducem

din cauză că nu tot fluxul luminos ne dă efect util, o parte este primit de pereți și tavan.

Exemplu de calcul:

Un birou are lungimea de 6 m, lățimea de 5 m, iar înălțimea de 3,2 m; tavanul alb, iar pereții ușor cenușii.

Se cere numărul și puterea lămpilor, știind că tensiunea de alimentare este de 220 V.

Pentru birou este indicat a se realiza un grad de luminare de cel puțin 100 lx. Se alege luminatul semi-indirect.

Luminatul de mai sus este necesar să fie obținut la înălțimea birourilor și meselor de lucru, deci, la aproximativ un metru dela dușumea. Lampa va fi deci la 3,2 — 1 = 2,2 m deasupra suprafeții de luminat.

Lățimea biroului față de această înălțime este $\frac{5}{2,2} = 2,6.$

La acest raport și după coloarea pereților, randamentul este 0,35. Deci, lămpile vor trebui să dea un flux:

$$\Phi = \frac{ES}{\eta} = \frac{100 \cdot 6 \cdot 5}{0,35} = \frac{3000}{0,35} = 8500 \text{ lm.}$$

instalând 4 lămpi, fiecare va trebui să producă:

$\frac{8500}{4} = 2125$ lm. Vor fi necesare lămpi de 150 W care dau fiecare câte 2620 lm.

Fluxul dat de diferite lămpi se găsește în tabele.

187. **Luminat special.** *Luminatul vitrinelor* are un caracter special. El trebue să fie astfel ca să pună în evidență obiectele expuse, dar nu trebue să orbească pe privitor.

De aceea, lămpile trebue instalate lângă fereastră, în așa fel ca să nu fie văzute și îndreptate astfel ca să arunce lumina spre interior, de unde, prin reflexie, este primită de privitor.

Luminatul străzilor trebue să fie făcut în astfel de condiții, încât să asigure circulația în bune condiții.

Inălțimea lămpilor, distanța între ele și felul lor, trebue stabilite după felul străzii. Un bulevard se luminează altfel decât o stradă cu arbori pe margine și așa mai departe.

Luminat cu efecte artistice. La alegerea luminatului trebue avut în vedere și efectele artistice ce se pot obține.

Prin luminat potrivit, se poate schimba foarte mult înfățișarea interioară a unei încăperi și mai ales a fațadelor marilor clădiri.

Luminatul prin luminiscență. Am arătat că lumina se poate

produce nu numai prin ridicarea temperaturii unui fir metalic străbătut de curent ci şi printr'o descărcare electrică. Acesta este principiul lămpilor prin luminiscenţă.

Aceste lămpi tind să se răspândească foarte mult.

Intrebări recapitulative

1. Ce consecinţe are un bun luminat ?
2. Care sunt condiţiile pentru un bun luminat ?
3. Cum se obţine un bun luminat ?
4. Prin ce mijloace se produce lumina ?

XIX. INSTALAŢII DE CURENŢI SLABI
(De intensitate mică)

In toate aplicaţiile electrice pe care le-am descris până acum sunt folosiţi curenţi de intensităţi mai mari sau mai mici.

Sunt însă şi aplicaţii la care intensităţile curenţilor sunt foarte mici, acestea sunt instalaţii de curenţi slabi.

188. **Telefonia.** Transmiterea sunetelor la mare distanţă cu ajutorul curentului electric se poate face printr'o instalaţie telefonică a cărei schemă este arătată în fig. 279 şi care cuprinde două posturi, *I* şi *II*. Fiecare dintre posturile telefonice se compune din câte două circuite constituind o bobină de inducţie. In

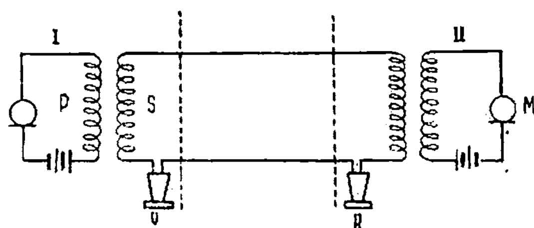


Fig. 279. — Schema unei instalaţii telefonice

circuitul primar *P* se găseşte o baterie din două elemente galvanice şi un aparat numit microfon *M*, care face transmiterea sunetelor. Circuitul secundar *S*, al unui post este legat cu circuitul secundar al celuilalt post, printr'o linie din două sârme de metal. In circuitul secundar al fiecărui post se mai găseşte şi câte un receptor telefonic *R*.

Să cercetăm amănunţit aparatele despre care am vorbit mai sus şi să vedem cum îşi îndeplinesc ele rolul.

Microfonul se compune dintr'un bloc de cărbune, care are una sau mai multe scobituri sau cavităţi. Aceste cavităţi sunt umplute în parte cu bucăţele mici de cărbune sau de grafit. In faţa cărbunelui este o membrană (placă) circulară de cărbune care este prinsă pe margini într'un cerc de metal.

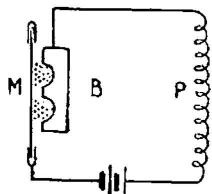


Fig. 280. — Microfon

După cum se vede în fig. 280 drumul curentului electric se stabileşte prin placă, bucăţelele (granule) de cărbune sau grafit şi blocul de cărbune. Punctele de contact dintre membrană şi granule precum şi acelea dintre granule şi blocul de cărbune au o rezistenţă electrică mare, de aceea se numesc *contacte imperfecte*. Consecinţa este un curent mic în circuitul primar în care se află microfonul. Dacă însă apăsăm pe placă şi pe granule se realizează un contact mai bun, rezistenţa descreşte, iar curentul creşte. Bine înţeles dacă apăsarea încetează se revine la situaţia dela început adică rezistenţa creşte şi curentul scade.

In rezumat, prin urmare, prin asemenea apăsări succesive asupra membranei obţinem un curent variabil în bobina primară; dar fiind un curent variabil vom avea un fenomen de inducţie mutuală şi deci în circuitul secundar se va produce un curent de aceeaşi formă cu cel din circuitul primar. Ca şi în cazul unui transformator, curentul din primar diferă de cel din secundar prin tensiune şi intensitate. In cazul de faţă tensiunea este mică şi curentul mai mare în primar; în secundar vom avea tensiune mai mare şi curent mai mic.

Ce influenţă are vocea asupra microfonului? Pentru aceasta trebue să amintim mai întâi prin ce mijloc se transmit sunetele. Ştim că, de exemplu, sunetul unei coarde de vioară este produs atunci când pricinuim o tremurare a coardei.

Această tremurare sau vibrare, mişcă aerul înconjurător producând un fel de valuri care se aseamănă cu valurile dintr'un lac în care am aruncat o piatră. Valurile acestea de sunete, sau cum se mai numesc *unde sonore*, nu sunt decât un şir de straturi de aer alternând, unul îndesat şi altul rărit. Şi vocea omenească produce asemenea unde sonore care în drumul lor întâlnesc timpanul urechii; acesta nu este decât o membrană subţire întinsă care vibrează şi ea atunci când este

atinsă de undele sonore. Cu cât sunetele sunt mai ascuțite cu atâta vibrațiile sunt mai repezi. Vocea noastră produce sunete care corespund la două sute până la o mie două sute vibrații pe secundă. Acum ne vom explica lesne funcționarea microfonului. Undele sonore lovind membrana produc vibrația ei, și anume unda îndesată o apasă, iar cea rărită o lasă să se îndepărteze de granule și de blocul de cărbune. Dar, după cum am văzut, această mișcare produce un curent variabil în circuitul primar sau putem să spunem că în circuitul primar iau naștere unde de curent electric; prin inducție ele se transmit circuitului secundar și ajung până la postul al doilea.

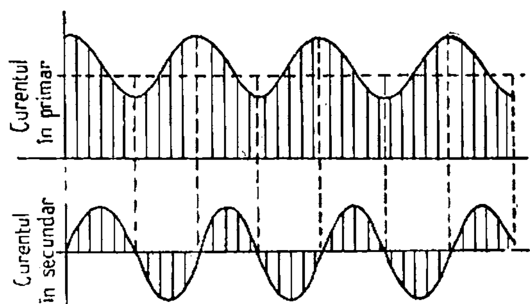


Fig. 281. — Curentul variabil din circuitul primar și curentul alternativ din circuitul secundar

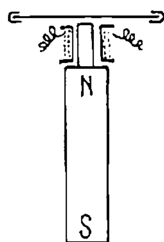


Fig. 282. — Receptor telefonic

Să examinăm cum transformă receptorul telefonic undele electrice din circuitul secundar din nou în unde sonore, care pot să influențeze timpanul urechii și deci să auzim sunetele transmise dela distanță.

Receptorul se compune dintr'un magnet permanent terminat printr'o prelungire; în jurul acestei prelungiri se găsește o bobină ale cărei capete sunt legate în circuitul secundar, deci bobina este străbătută de curentul alternativ al circuitului secundar. In fața bobinei este o membrană circulară de fier moale strânsă cu ajutorul capacului receptorului. Când trece curentul prin bobină el va produce o întărire sau o reducere a forței de atracție a magnetului după sensul pe care-l are curentul (pozitiv sau negativ).

Când forța de atracție se mărește, membrana se apropie de magnet, când forța slăbește, membrana se îndepărtează.

Astfel membrana receptorului va vibra și va produce vibrarea aerului din apropiere, ceea ce dă naștere unui sunet și anume aceluiași sunet care a fost produs în fața microfonului.

Magnetul permanent poate fi în formă de potcoavă și în acest caz în fața membranei vor fi amândoi polii; acesta este un *receptor bipolar*.

Microfonul și receptorul pot să fie montați în aceeași piesă, așa cum vedem la telefoanele din oraș. Aparatul astfel combinat se numește *microtelefon*.

Dar pentru ca un post telefonic să poată vorbi cu celălalt trebue să-l anunțe.

In acest scop servesc inductorul, soneria și anunțătorul de apel.

Cunoaștem ce este inductorul: un generator de curent alternativ al cărui inductor este format dintr'un magnet permanent. Invârtind maneta se obține un curent cu frecvența de aproximativ 20 perioade pe secundă.

Curentul produs de inductor provoacă funcționarea unei sonerii sau funcționarea anunțătorului de apel la postul chemat.

In sfârșit un aparat telefonic mai are un *contact comutator*. In mod obișnuit într'un post telefonic numai aparatele care primesc apelul sunt în legătură cu linia, iar aparatele de convorbire sunt scoase din circuit. In timpul convorbirii lucrurile sunt inversate. Aceste schimbări se obțin cu ajutorul contactului de comutare.

După ce am învățat despre toate aceste aparate, să examinăm cum sunt ele instalate.

Fig. 283 arată modul de montaj în unul din posturi. In celălalt va fi același montaj.

Dacă postul cu care e legat face un apel cu ajutorul inductorului, un curent va veni prin *a, c, d, s* (sonerie), prin inductor și apoi prin *b* la cealaltă linie. Soneria va suna. Răspundem la apel învârtind manivela inductorului. Un curent va pleca prin linie la celălalt post. După aceasta, la ambele posturi persoanele aflate acolo vor ridica receptorul de pe cârligul *cd*. In acest moment, cârligul tras de un arc se lasă în jos. După cum se vede, contactul *d* se îndepărtează de cârlig și deci

soneria a fost scoasă din circuitul liniei. In acelaşi timp însă, s'a închis circuitul primar care cuprinde microfonul şi bateria. Vorbind în faţa microfonului, se induce în înfăşurarea secundară a bobinei un curent care va pleca pe linie şi va trece prin receptorul celuilalt post. Curenţii electrici, datoriţi vorbirii în faţa microfonului celuilalt post, vin prin linie, prin *ac*, trec prin receptor şi apoi prin *b* se face legătura la a doua linie.

Când convorbirea s'a terminat, se acaţă receptorul de cârligul *cd*, soneria este din nou pusă în circuit, iar microfonul şi cu bateria sunt scoase afară.

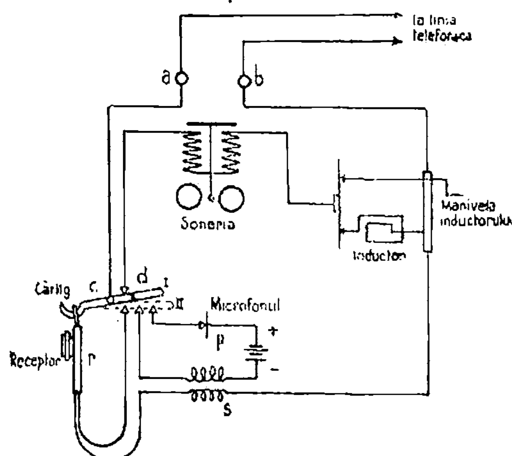


Fig. 283. — Instalaţia unui post telefonic

Toate instalaţiile telefonice de felul celor de mai sus, se numesc *cu baterie locală*, fiindcă microfonul este alimentat de o baterie care se află chiar la postul telefonic. Dacă avem o instalaţie telefonică cu multe posturi, este mai bine ca microfonul să fie alimentat de o baterie aşezată la centrala telefonică. Aceste instalaţii se numesc *cu baterie centrală*. In cazul instalaţiilor cu baterie centrală, posturile nu mai au nevoie de inductor, căci apelul se face în alt mod.

Centrale telefonice. Dacă sunt mai multe posturi este nevoie de o centrală telefonică pentru ca un post să poată vorbi cu oricare altul.

Intr'o centrală vin câte două fire dela fiecare post telefonic: Firele care vin dela un post telefonic se leagă cu firele care vin dela postul telefonic cu care voim să vorbim. Legarea aceasta se face fie cu mâna (centrală manuală) de către un operator sau operatoare (telefonistă) sau se face în mod automat (centrală automată).

Circulația curenților între posturile telefonice și centrala telefonică se face prin sârme de instalații interioare, prin linii aeriene și prin cabluri subterane. Sârma pentru instalațiile interioare este izolată printr'o îmbrăcăminte de cauciuc peste care este o împletitură de fire. Cele două sârme ale unei conducte sunt răsucite.

Pentru liniile aeriene se folosește sârmă din cupru tare, din bronz cu siliciu sau sârmă de oțel zincată. Conductele se prind de izolatoare de porțelan sau de sticlă; izolatoarele se fixează în traverse susținute de stâlpi de lemn.

In loc de fire aeriene libere se folosesc uneori cabluri aeriene care sunt îmbrăcate într'o cămașă de plumb pentru protecție împotriva umezelii. Acestea nu sunt atârnate direct de stâlpi ci sunt prinse cu cârlige de un cablu purtător de oțel întins între stâlpi.

Cablurile subterane sunt formate din fire de cupru cu diametrul de 0,8 mm, cositorite și izolate cu hârtie, sau cu hârtie și bumbac. Firele se împletesc perechi, fiecare mănunchiu se izolează apoi din nou cu hârtie. Tot cablul este protejat printr'o îmbrăcăminte de plumb, peste care este un strat de iută impregnată. Cablurile se așază în pământ de obiceiu în cutii de protecție

189. **Telegraful cu fir.** Am arătat din ce se compune o instalație telegrafică. Reamintim că în orice instalație telegrafică avem un circuit compus dintr'o sursă de curent, un transmițător, un receptor și linia de legătură dintre aceste aparate. Cu ajutorul transmițătorului se închide și se deschide circuitul și putem avea astfel curenți de mai lungă durată sau de mai scurtă durată; curenții de mai lungă durată sunt înregistrați de către receptor sub formă de linii, iar cei de scurtă durată sub formă de puncte. Cu ajutorul liniilor și punctelor s'a întocmit alfabetul Morse.

Pentru instalațiile mici de telegrafie se întrebuințează ca sursă de curent elementele galvanice, iar pentru instalațiile mai mari se întrebuințează acumulatoare sau chiar mașini generatoare de curent electric; trebue socotit că sunt necesari aproximativ 50 V pentru fiecare 100 km de linie.

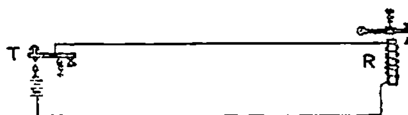


Fig. 284. — Schema de principiu a unei instalații telegrafice

Instalațiile telegrafice trebue să fie protejate de descărcările atmosferice care se produc în timpul furtunilor; prin asemenea descărcări tensiunea dintre fir și pământ poate ajunge și întrece chiar zece mii de volți. Curentul datorită acestei tensiuni provoacă accidente de persoane și vătămarea aparatelor. Ca mijloc de protecție se întrebuințează *parafulgere.*

Dacă distanțele de transmitere telegrafică sunt mari, trecând de circa opt sute de km, este necesar ca din loc în loc să se întrerupă linia și să se instaleze acolo câte un aparat pentru retransmiterea automată a semnalelor. Acest aparat se numește *releu de translație.*

190. **Instalații de semnalizare.** Aparatele care funcționează tot datorită acțiunii unor curenți de mică intensitate se folosesc în instalații de alarmă împotriva hoților, instalații de zăvorirea ușilor, instalații avertizoare de incendii, etc. O asemenea instalație cuprinde aparate avertizoare așezate pe străzi; spărgând un geam al aparatului se poate anunța la o centrală incendiul care s'a produs; se construesc și avertizoare automate.

Intrebări recapitulative

1. Descrieți schema unei instalații telefonice.
2. Ce rol are și cum funcționează microfonul?
3. Dar receptorul?
4. Ce aparate mai cuprinde un post telefonic?
5. Cum lucrează o centrală telefonică?
6. Descrieți o instalație de telegrafie.

XX. ELECTRONICA

Electronica se ocupă cu fenomenele de trecere a curenţilor prin vid şi prin gaze.

Când ne-am ocupat de descărcările în gaze rarefiate am constatat că prin spaţiul închis, în care se produceau descărcările, treceau particule încărcate cu electricitate.

Principala parte este *electronul.*

Electronica studiază mijloacele prin care se poate produce, modifica şi stăpâni mişcarea electronilor, precum şi folosirea curenţilor electrici care se nasc din această mişcare a electronilor.

Să vedem cum putem ajunge la aceste rezultate.

191. **Electricitatea şi materia.** In lecţiile de până acum am luat cunoştinţă de multe fenomene electrice cărora le-am stabilit legile şi apoi am cercetat aplicaţiile folositoare.

Nu am căutat însă să stabilim şi modul de producere al lor, de exemplu cum se produce încălzirea firului prin trecerea unui curent electric, etc.

Sunt însă fenomene pe care nu le putem explica decât cunoscând câteva lucruri despre *constituţia materiei* şi *natura electricităţii.*

Din fizică şi chimie ştim că toate corpurile sunt compuse din particule foarte mici, moleculele, care la rândul lor sunt formate din atomii corpurilor simple.

La lecţiile de electricitate am avut însă prilejul de a constata că materia se poate disocia (desface) în particule, cu încărcări electrice pozitive sau negative.

Aceste constatări le-am făcut la trecerea curenţilor electrici prin electroliţi (electroliză) şi prin gaze rarefiate.

Ce am constatat la electroliză? Că un electrolit se descompune şi că pe catod se depune metalul, iar la anod apare restul din electrolit, fie direct, fie combinat. Astfel, făcând electroliza sării de bucătărie, NaCl, sodiul se duce la catod, iar clorul la anod; făcând electroliza sulfatului de cupru SO_4Cu, cuprul se depune la catod, iar grupul SO_4 apare la anod, etc. Anodul este legat la polul pozitiv al sursei de curent, iar catodul la cel negativ. Ştim că anodul se încarcă cu o sarcină electrică pozitivă, iar catodul cu o sarcină electrică negativă.

Fenomenul electrolizei se explică în modul următor: Moleculele electrolitului sunt desfăcute în soluţie în particule încărcate cu electricitate pozitivă şi particule încărcate cu electricitate negativă, pe care le numim *ioni.*

Particulele de metal sunt încărcate pozitiv: acestea le numim *cationi*, deoarece sunt atrase de catod, iar restul sunt *anioni*, fiindcă sunt atrase de anod.

Să ne amintim de fenomenele din electrostatică și vom înțelege imediat aceste atracții: știm de acolo că o sarcină electrică pozitivă (de exemplu anodul) atrage o sarcină electrică negativă (de exemplu anionul).

Prin urmare o soluție de clorură de sodiu este formată din ioni încărcați cu electricitate; la fel cu sulfatul de cupru, etc.

In mod obișnuit constatăm că materia nu este încărcată cu electricitate; aceasta dovedește că sarcinile pozitive și negative ale atomilor sunt egale și deci se neutralizează.

De îndată ce se aplică o tensiune electrozilor, particulele încărcate electric se separă unele de altele și se pun în mișcare în direcțiile pe care le-am constatat.

Ajungând la electrozi, ionii se descarcă de electricitate și particulele materiale depuse sunt din nou neutre.

Să trecem acum la celălalt fenomen: descărcările în gaze; și aici constatăm producere de ioni.

Dar în gaze foarte rarefiate am constatat și existența unor mici particule de electricitate negativă pe care le-am numit *electroni* și care *se caracterizează prin aceea că au totdeauna aceeași sarcină*, spre deosebire de ioni a căror sarcină electrică variază dintr'un cap la altul.

Electronii, vom vedea mai departe, pot fi obținuți în diferite fenomene și cu alte corpuri, dar totdeauna sunt aceiași.

Aceasta arată că: *materia este constituită din electroni*. Dar ei au o sarcină negativă pe când materia, în mod obișnuit, este neutră. Deci, alături de partea negativă mai trebue să fie și o parte pozitivă.

Explicația a fost dată astfel: orice atom este constituit dintr'un sâmbure central încărcat pozitiv, în jurul căruia se învârtesc un număr de electroni.

Lucrurile sunt asemănătoare cu sistemul planetar: la mijloc soarele, în jurul căruia se învârtesc planetele.

Aceleași motive pentru care planetele nu cad pe soare fac ca, aici, electronii să nu cadă pe sâmbure, și anume: forțele care se exercită între sarcinile electrice și pe care le-am învățat în electrostatică. In cazul planetelor erau forțele de gravitate.

Dar pe când corpurile cerești sunt enorme, particulele de materie sunt foarte mici.

Electronul este abia a 1860-a parte din atomul de hidrogen. In ce privește sâmburele pozitiv el este egal aproape cu atomul din corpul respectiv.

Cel mai ușor atom este cel de hidrogen (1) iar cel mai greu este cel de uraniu (238).

Numărul electronilor care se învârtesc în jurul unui sâmbure depinde de felul corpului; astfel, pentru hidrogen este 1, iar pentru uraniu este 92. Deci, altă deosebire față de sistemul solar, care are un număr mult mai mic de sateliți: 9 planete mari. In sfârșit, mai notăm că diametrul orbitei electronilor este de 100 000 ori diametrul sâmburelui, pe când în sistemul planetar, diametrul orbitelor, față de diametrul soarelui este mult mai mic.

Deoarece materia este neutră, sarcina electrică pozitivă a sâmburelui trebue să echilibreze sarcinile negative ale electronilor.

Deci, sâmburele de uraniu are 92 sarcini pozitive pentru a echilibra sarcinile negative ale celor 92 electroni.

Am constatat că razele catodice sunt formate din electroni, deci aceste particule negative se pot desface din atomi în anumite împrejurări. Atomul care a pierdut o sarcină negativă, adică un electron, va avea un plus de electricitate pozitivă, acesta este un *ion*.

Dacă recâștigă din nou electronul pierdut, devine din nou neutru. Uneori, mai poate câștiga electroni în plus, dela alte corpuri. Atunci, sarcina negativă va fi mai mare. Va fi un *ion negativ*.

Concluziile de mai sus sunt următoarele: Un corp material este format din atomi neutri; el este încărcat pozitiv dacă pierde electronii; este încărcat negativ, în caz că va capta alți electroni. Numărul de electroni dintr'un atom este egal cu numărul de ordine al elementului din tabloul periodic stabilit de marele savant rus Mendelejeff.

Acesta se numește *numărul atomic* al corpului respectiv.

Toate corpurile electrizate datoresc această stare unui plus sau unei lipse de electroni.

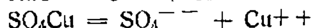
192. **Explicarea electrolizei.** Să revenim iarăși la electroliză, acum când știm ce sunt ionii.

In cazul electrolizei de clorură de sodiu, ionul de sodiu provine din atomul de sodiu căruia îi lipsește un electron, trecut asupra clorului, formând ionul negativ.

In cazul electrolizei sulfatului de cupru SO_4Cu, ionul de cupru provine din atomul de cupru, căruia îi lipsesc doi electroni trecuți asupra grupului SO_4, formând ionul negativ. Putem scrie cele de mai sus astfel:



$$NaCl = Cl^- + H^+$$



$$SO_4Cu = SO_4^{--} + Cu^{++}$$

Adică am indicat ionii prin simbolul corpului și am notat câte și ce fel de sarcini electrice au.

In electroliți, electronii nu sunt niciodată liberi, ci sunt întotdeauna uniți cu un atom sau un grup de felul SO_4, constituind astfel ionii.

Vom vedea mai departe că, în metale, pot fi electroni liberi.

Dacă aplicăm între electrozi o tensiune, înseamnă că avem un câmp electric în electrolit și fiecare sarcină q este supusă unei forțe proporționale cu ea și cu intensitatea câmpului:

$$f = qE.$$

Datorită acestei forțe, ionii se mișcă în sensul pe care îl știm. Cationii încărcați pozitiv (adică acei care au o lipsă de electroni) ajungând la catod, primesc electroni și se transformă în corp neutru care se depune.

Anionii, încărcați negativ (adică cu un plus de electroni), ajungând la anod, pierd electroni și se transformă de asemenea în corpuri neutre.

Deci anodul primește electroni, iar catodul cedează electroni; dar aceasta este tocmai circulația de curent prin circuit dela anod prin pilă spre catod, așa cum se arată în fig. 285.

Din cele de mai sus mai reținem un lucru: sarcinele electrice

variază dela un ion la altul prin trepte, şi anume prin una, două sau mai multe sarcini elementare ale electronului. Deci nu vom găsi niciodată un ion încărcat 1,5 sau 1,75 electroni.

193. **Ionizarea gazelor şi vaporilor.** Să examinăm şi fenomenele de trecere a curenţilor prin gaze (pe care le-am descris într'un capitol precedent). Electronii mişcându-se într'un gaz sau vapori, ciocnesc moleculele acestora pe care le pot rupe şi în acest caz vor putea pierde electroni. Atomii sau moleculele care au pierdut electroni vor avea o sarcină pozitivă, deci au devenit ioni pozitivi.

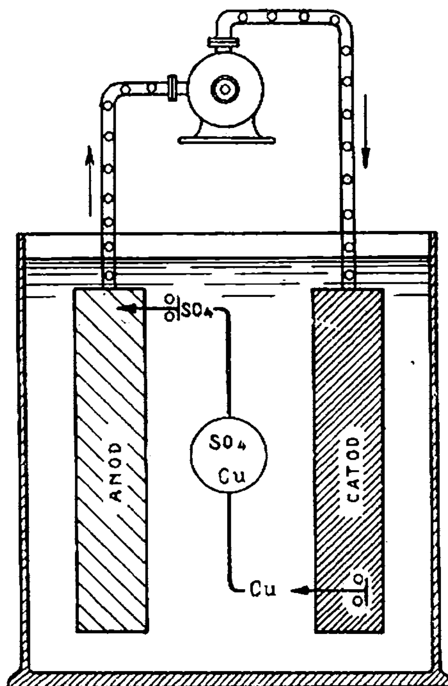


Fig. 285. — Schema mişcării electronilor în electroliză

Intr'un gaz ionizat se produc două mişcări de sarcini electrice: o mişcare a electronilor, încărcaţi negativ, spre electrodul pozitiv şi alta a ionilor pozitivi către electrodul negativ. Curentul datorit ionilor este mult mai mic.

Iată deci şi explicaţia razelor catodice precum şi a razelor pozitive.

194. **Mişcarea electronilor în corpuri solide.** Metalele şi toţi conductorii solizi au electroni liberi cu care sunt legaţi cu atomii. Ei sunt în mişcare repede.

Dacă se aplică o forță electromotoare unui conductor, acești electroni din cauza sarcinei lor negative se vor pune în mișcare spre polul pozitiv al forței electromotoare aplicate.

Această mișcare este chiar curentul electric. In această mișcare ei se ciocnesc cu moleculele și urmarea este încălzirea conductorului (efectul Joule-Lenz).

In electroliți trecerea curentului este însoțită de o descompunere chimică, atomii de metale și hidrogen se îndreaptă spre polul negativ pe când oxigenul și radicalii circulă spre polul pozitiv.

Deci, pe când în solide electronii circulă *prin materii*, în electroliți electronii circulă *cu materia*.

In izolanți electronii sunt strâns legați de atomi și de aceea deplasarea lor nu mai este posibilă; astfel se explică că prin izolanți nu poate trece curentul electric.

195. **Portretul electronului.** Dar dacă electronul are rol atât de important să-l cunoaștem mai bine.

Iată „portretul" făcut de I. Costâcov :

„Electronii sunt atât de mici, încât nu pot fi văzuți nici prin cel mai puternic microscop ; cu toate acestea savanții au izbutit să afle amănunte interesante relativ la aceste particule de electricitate minusculă.

Forma efectivă a electronilor nu le este încă cunoscută savanților; în schimb ei au stabilit, până acum dimensiunile lui, masa și sarcina electrică. Dacă se admite că electronul are o formă sferică, atunci diametrul său va fi de circa $\frac{3}{10\,000\,000\,000\,000}$ cm. S'a convenit să se scrie această fracțiune astfel: $3 \cdot 10^{-13}$ cm, ca să poată fi citită și mai ales înțeleasă cu mai multă ușurință.

Iată deci, care este „diametrul" electronului.

Dimensiunile unui *proton* (adică sâmburele) sunt cam aceleași : volumul unui atom este însă cu mult superior celui al electronului și al protonului.

Dacă am putea mări atomul de hidrogen până la dimensiunile unui teren de foot-ball, nucleul său s'ar prezenta sub forma unei bile de mărimea unui bob de mazăre așezat în mijlocul terenului, iar pe pista de pe margini s'ar roti alt bob de mazăre, electronul.

Intre nucleu și electroni există un spațiu gol, dar niciun electron sau proton nu poate să pătrundă în acest gol.

Masa electronului este de $9 \cdot 10^{-28}$ grame. Din exemplul de mai jos ne putem da seama de proporțiile ei minuscule; ca să putem obține un gram de electroni, ar fi nevoie de peste 10^{27} electroni. Dacă am vrea să socotim acești electroni și am pune toți oamenii din lume să-i numere, predându-le câte un milion de bucăți de electroni pe secundă ca să grăbim numărătoarea, îndeletnicirea este fără rezultat, căci le-ar trebui 17 600 ani, fără nicio clipă de răgaz.

Savanții au mai stabilit, de asemenea, mărimea sarcinii electrice a unui electron. Ea este atât de mică, incât printr'un bec electric obișnuit, de 100 lumini, așezat în circuitul cu tensiunea de 220 V trece în fiecare secundă o uriașă cantitate de electroni, cu drept cuvânt astronomică, și anume : 1 430 000 000 000 000 000 !"

196. **Fenomenul termoionic.** Există mijloace de a elibera electronii din materie ?

Electronii sunt reținuți de nucleu. Pentru ca electronul să se poată desprinde trebue să i se dea o viteză prin care să poată scăpa de atracția la care este supus. Mijloacele le vom examina acum.

Prin ridicarea temperaturii unui metal, mărim viteza de mișcare a electronilor. Un corp încălzit se deosebește de unul rece tocmai printr'o mai mare viteză de mișcare a particulelor sale (molecule, atomi, electroni). Electronii izolați încep să se miște atât de repede la o temperatură foarte ridicată încât izbutesc să înfrunte puterea de atracție și să sboare din conductor în spațiul exterior.

Acest proces de emisie de electroni din metalul încălzit este numit *emisie termoionică*.

Substanțe emisive termoionice sunt: tungstenul și tantalul, tungstenul + horiat, oxizi de bariu și de stronțiu combinați.

Numărul electronilor liberați pe secundă depinde de natura fizică și chimică a suprafeței emitente, dar și de temperatura ei absolută.

Intensitatea de curent obținută prin această mișcare de electroni variază între 0,020 și 110 amperi pentru fiecare cm² al suprafeței de emisie.

Fenomenul a fost observat de multă vreme, dela construirea lămpilor incandescente al căror filament este încălzit la mare temperatură.

Mai târziu s'a construit special o lampă pentru a produce electroni Iată în ce fel.

Lampa cu doi electrozi. Un glob, din care s'a scos aerul, și în care se găsește un fir (filament) de tungsten este încălzit de unul sau două ele-

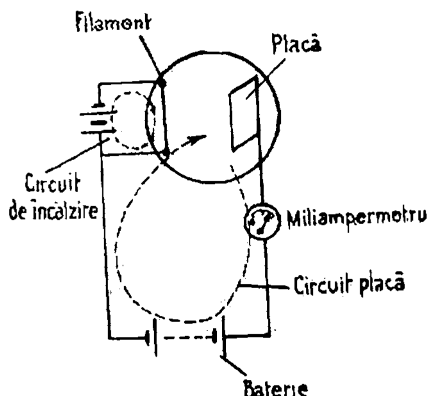


Fig. 286. — Schema lămpii cu doi electrozi

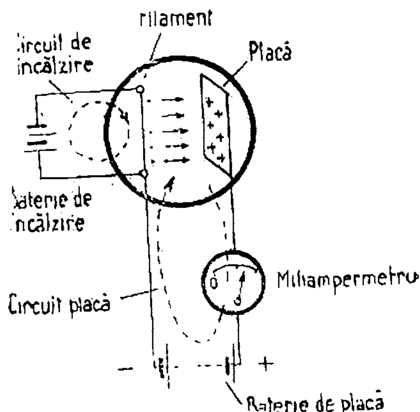


Fig. 287. — Curentul trece într'un singur sens în lampa cu doi electrozi

mente de acumulatoare; se poate dovedi că firul încălzit emite electroni care însă nu se îndepărtează prea mult de acest fir. Să mai introducem în glob o placă și o legăm la borna + a unei baterii de acumulatoare de 40—80 V. Borna — o legăm tot la filament.

Se constată că electronii se pun în mişcare în spre placă, iar un miliampermetru ne va arăta un curent. Curentul produs se numeşte *curent-placă.* Fără să schimbăm tensiunea aplicată plăcii, să mărim intensitatea curentului care trece prin filament; acesta se va încălzi şi mai mult. Vom constata totdeodată că intensitatea curentului-placă a crescut, putând să ajungă la câteva zecimi de miliamperi. Dacă tungstenului i s'a mai adăugat toriu sau oxid de bariu nu este nevoie să mai încălzim prea mult filamentul. Această lampă produce deci un curent electric care poate să ajungă chiar la 100 miliamperi pentru fiecare watt consumat în filament. Placa fiind bombardată de electroni se încălzeşte.

Dacă schimbăm legăturile plăcii, legând-o la borna negativă a bateriei, constatăm că nu mai trece curent. Prin urmare, curentul trece numai atunci când placa este pozitivă. Dacă vom înlocui bateria de acumulatoare cu o forţă electromotoare alternativă, înseamnă că vom avea în circuitul-placă un curent numai atunci când tensiunea este pozitivă. Ce înseamnă aceasta? Că am obţinut un aparat care lasă să treacă curentul numai într'o singură direcţie.

Lampa aceasta a şi fost numită *ventil electric* sau *supapă electrică*, prin asemănare cu aceleaşi aparate folosite la gaze şi lichide. Filamentul care radiază electronii se numeşte *catod*, iar placa care atrage electronii se numeşte *anod.* O asemenea lampă are deci doi electrozi. Este numită *lampa cu doi electrozi* sau *diodă* şi se foloseşte în special pentru redresarea curentului alternativ. Ea se mai numeşte şi *kenotron.*

Dacă menţinem încălzirea constantă a filamentului şi variem tensiunea plăcii, se constată că se obţine un curent-placă care este proporţional cu această tensiune. Dela un timp însă, oricât am mări tensiunea, curentul nu mai creşte. Spunem că s'a ajuns la *curentul de saturaţie* corespunzător acelei încălziri a filamentului.

Iată cum explicăm acest fenomen: în tungsten sunt electroni liberi care se mişcă desordonat datorită încălzirii.

Aţi văzut un vas cu apă fierbând la foc? Ce agitaţie este înăuntru! Ceva asemănător se întâmplă şi cu corpurile solide, numai atâta că nu putem vedea această mişcare la care iau parte moleculele şi electronii.

Unii stropi de apă sar din vas afară cu mare viteză, la fel unii electroni sar în aer; dar ei sunt repede atraşi înapoi. Dacă punem în apropierea lor o placă încărcată cu electricitate pozitivă, se produce în jurul ei un câmp electric şi particulele de electricitate negativă, cum sunt electronii, vor fi atrase. Amintiţi-vă cele ce-am învăţat în electrostatică.

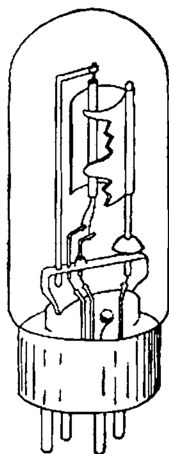


Fig. 288 a.—Lampa cu doi electrozi

Dacă tensiunea este mare, vor fi atraşi mai mulţi electroni şi chiar toţi electronii care pot să sară afară din filament.

De aici înainte chiar dacă mărim tensiunea, curentul nu se va mări căci placa nu poate atrage mai mulţi electroni decât cei care ies din filament.

In felul acesta se explică saturaţia.

Lampa cu trei electrozi. Să modificăm puțin lampa noastră, introducând între filament și placă un al treilea electrod sub forma unui grătar metalic. Stabilim între grătar și filament o diferență de potențial. Dacă

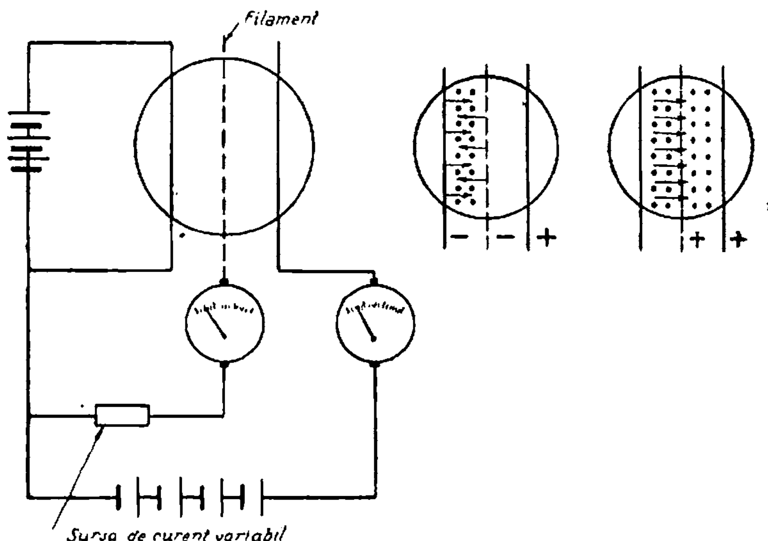


Fig. 288 b. — Funcțiunile grătarului lămpii cu trei electrozi

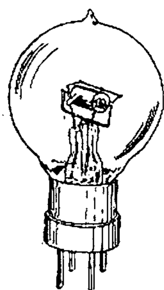


Fig. 289. — Lampa cu trei electrozi

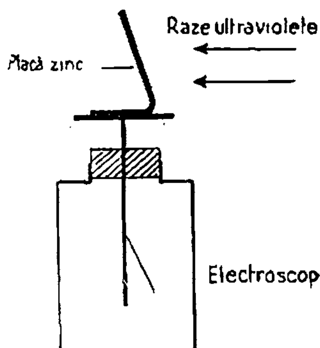


Fig. 290. — Fenomen fotoelectric

grila (grătarul) se încarcă negativ, adică dacă o legăm la polul negativ al bateriei, ea respinge electronii care vin dela filament și deci ei nu pot să

mai ajungă la placă. Dacă încărcarea este pozitivă și mărim tensiunea, grătarul lasă să treacă din ce în ce mai mulți electroni până ce, la o anumită tensiune a grătarului, curentul plăcii ajunge la saturație.

Aceasta este lampa cu trei electrozi.

Și între filament și grătar trece un curent, dar foarte mic, căci mai toți electronii își continuă drumul spre placă.

Astfel, pe când curentul filament-placă este de vreo 10 miliamperi, curentul filament-grătar este mai mic de un miliamper.

Dacă legăm circuitul grătarului la o sursă de tensiune variabilă, dar foarte mică, în circuitul plăcii vom obține un curent mult mai mare. Deci lampa cu trei electrozi poate servi ca *lampă amplificatoare*.

197. **Fenomenul fotoelectric.** Să facem următoarea experiență simplă. Să punem pe tija unui electroscop o placă de zinc foarte curată și să o luminăm cu raze ultraviolete.

Electroscopul se încarcă cu electricitate.

Razele de lumină căzând pe metal dau energie electronilor, care, în felul acesta, își măresc viteza și se pot deplasa spre electroscop, încărcându-l. Fenomenul se numește *fotoemisiune*, iar electronii obținuți, *fotoelectroni*.

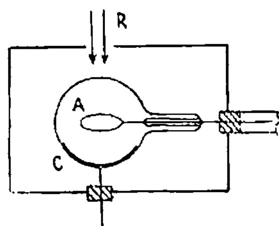


Fig. 291. — Celulă fotoelectrică

Deci când o cantitate de lumină cade pe o suprafață emisivă, energia poate fi transmisă unui electron nelegat din interiorul suprafeței.

Dacă energia aceasta dă electronului suficientă viteză către suprafață ca să învingă forța care-l ține, electronul este emis pe cale fotoelectrică.

Energia cantității de lumină crește cu frecvența; este o frecvență limită sub care electronul nu poate fi excitat de ajuns.

Pe baza acestui fenomen s'a construit *celula fotoelectrică*. Pe suprafața interioară a unui balon de sticlă se așază un strat dintr'un anumit metal, care, sub influența luminii, emite electroni. Ei sunt atrași de un anod introdus în glob și care are forma unui inel.

198. **Emisiuni secundare.** Dacă o suprafață cu proprietăți emisive este bombardată cu particule electrice, de exemplu electroni, care se mișcă cu mare viteză, acea suprafață va emite electroni. Un electron sau ion care lovește în mișcarea lui repede o suprafață metalică poate stârni o împrăștiere de electroni, asemeni unei pietre care căzând în apă, împrăștie stropii. Aceasta este o *emisiune secundară*. Dacă numărul electronilor emiși este mai mare decât al celor primiți, se spune că avem un efect de înmulțire al electronilor.

La un electron bombardat pot ieși până la 15 electroni. O suprafață argintată cu oxid de cesiu, este îndeosebi favorabilă pentru această emisiune.

199. **Emisiune prin aplicarea unei tensiuni.** Tensiunea aplicată trebue să fie foarte mare. Emisiunea se produce la rece, dar acest fel de a produce electroni se aplică la razele X și la redresoare. Tensiunea aplicată se reduce foarte mult dacă fenomenul se produce la cald (termoionic) sau este însoțit de emisiune secundară.

200. **Alte fenomene electronice.** Din cele arătate rezultă că sunt patru mijloace de a scoate electroni din unele corpuri solide și

anume fenomenul termoionic, fenomenul fotoelectric, prin emisiune secundară şi prin aplicare de mari tensiuni.

Electronii ajung astfel în libertate, în vidul globului de sticlă în care s'au produs. Se caută să se elimine cât mai complet aerul din acest glob; cu toate acestea, crearea unui vid absolut se prezintă drept un lucru imposibil, pentrucă totdeauna rămâne o mică parte de aer. Vidul se consideră bun, dacă s'au eliminat din bec $\frac{999\,999\,999}{1\,000\,000\,000}$ părţi aer şi deci partea rămasă este egală cu o miliardime $\left(\frac{1}{1\,000\,000\,000}\right)$.

Cu toate acestea, se constată că în fiecare cm^3 din acest vid mai sunt 25 000 000 000 de molecule de aer, adică un număr de 12,5 ori mai mare decât totalul locuitorilor Pământului.

Dacă am face emisiunea de electroni direct în atmosferă mişcarea lor ar fi foarte mult stânjenită prin ciocnirea cu moleculele de aer.

Ciocnirea dintre electroni şi moleculele de gaz poate produce, în anumite condiţii, o excitare a moleculelor (fără ionizare), care are de urmare o emisiune de energie sub formă de radiaţiuni infra-roşii, lumină vizibilă sau ultra-violetă.

Înafara electronilor s'a descoperit că în constituţia materiei se mai găsesc şi alte particule şi anume:

Numele	*Compoziţia*
Neutrina .	necunoscută.
Electron . .	electricitate negativă.
Pozitron	electricitate pozitivă.
Mezotron sau mezon	necunoscută.
Proton	electricitate pozitivă.
Neutron	electron-proton.
Deutron . .	electron-proton.
Particule alfa	2 neutroni 2 protoni.

La fenomenele electrice de care ne ocupăm noi, aceste particule nu iau parte.

Teoria electronilor pe care am desvoltat-o ne permite să ne explicăm o serie de fenomene de cea mai mare importanţă în electricitate şi în primul rând, curentul în corpurile solide, în lichide, în gaze şi în vid.

Eliberarea de electroni prin cele patru metode are şi ea un rol deosebit, în special în radiocomunicaţii, de care ne vom ocupa în capitolul următor.

XXI. OSCILAŢIILE ELECTRICE ŞI APLICAŢIILE LOR

201. **Fenomene oscilatorii în natură.** In natură şi în aplicaţiile fizicei întâlnim adesea fenomene periodice. Prin ce se caracterizează ele ? Un fenomen periodic se produce într'un anumit interval de timp, după care se repetă la fel ca prima dată, apoi se repetă din nou şi aşa mai departe.

Ziua şi noaptea, anotimpurile, sunt fenomene periodice.

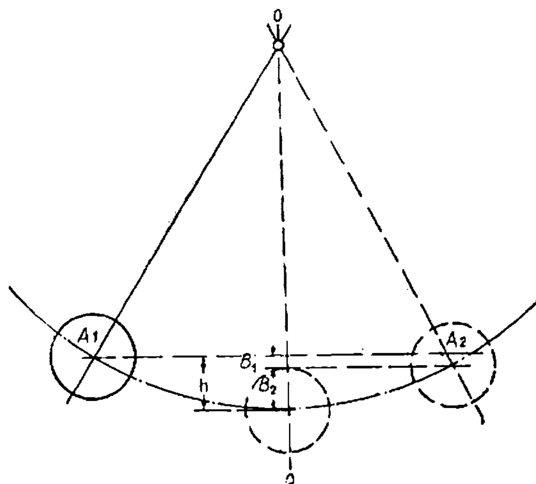


Fig. 292. — Oscilaţiile unui pendul

Durata în care se produce fenomenul se numeşte *perioadă*. Ne vom ocupa de fenomene a căror perioadă este foarte scurtă, mai puţin de o secundă.

Numărul perioadelor într'o secundă se numeşte *frecvenţă*.

Un fenomen periodic destul de cunoscut este mişcarea unui pendul. El pleacă din poziţia A_1, se coboară până în O, urcă până în A_2, se coboară din nou în O, se urcă în A_1 şi aşa mai departe.

Putem produce un joc asemănător şi cu o coloană de lichid. Să luăm două vase comunicante de sticlă legate printr'un tub prevăzut cu un robinet. Inchidem robinetul şi umplem cu apă tubul din stânga. Deschidem robinetul încet: apa coboară din stânga şi se urcă în dreapta, stabilindu-se acelaşi nivel $A_1 A_2$, după cum ştim dela principiul vaselor comunicante.

Să începem din nou experienţa deschizând brusc robinetul. In tubul *II* nivelul va atinge punctul a_2 peste A_2, iar în tubul *I* nivelul va fi în m_1 sub A_1; imediat apoi nivelul se urcă în *I* până la a_1 peste A_1, iar în *II* rămâne în m_2; apoi nivelul se va urca în *II* până în b_2, iar în *I* până în n_1 şi aşa mai departe. După câtva timp jocul se termină şi apa va avea acelaşi nivel în ambele tuburi

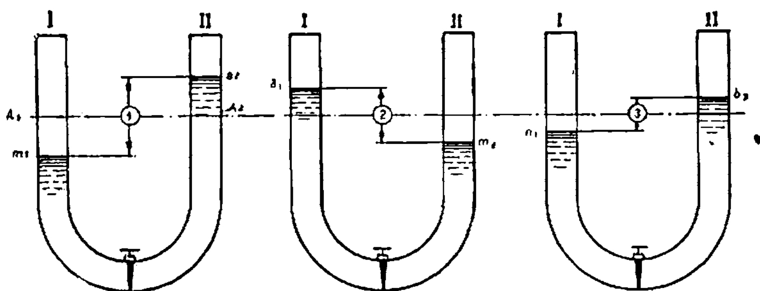


Fig. 293. — Mişcarea oscilatorie in vase comunicante

După cum se vede pendulul se mişcă de o parte şi de alta a axului OO, iar nivelul apei în sus şi în jos de linia A_1 A_2.

Vom spune că acestea sunt *fenomene periodice ondulatorii* sau *fenomene oscilatorii.*

Deci *prin oscilaţii înţelegem acele mişcări periodice care se produc de o parte şi de alta a unei poziţii de echilibru.*

Inafara mişcărilor de mai sus alte fenomene oscilatorii mai des întâlnite sunt: vibraţiile coardelor unui instrument muzical sau ale unui diapazon.

Dar pendulul face oscilații din ce în ce mai mici, diferențele de nivel ale apei în cele două coloane sunt și ele din ce în ce mai mici.

Oscilațiile pendulului ca și ale nivelului apei încetează după câtva timp.

Cum se produc aceste oscilații și de ce se sting după câtva timp?

Din cauza greutății, pendulul coboară din A_1 până în O; aici ar trebui să se oprească, căci acțiunea greutății încetează de vreme ce corpul a ajuns în punctul cel mai de jos la care îi permite legătura OA_1.. Dar pendulul are *inerție;* el a luat o viteză, posedă o energie de mișcare și nu se va opri decât atunci când viteza ajunge zero adică energia de mișcare s'a transformat într'un lucru mecanic, ceea ce se întâmplă în punctul A_2.

Energia potențială pe care o are pendulul în A_1 produce un lucru mecanic egal cu $G \times h$ (G este greutatea pendulului). La rândul său lucrul mecanic se transformă în energie de mișcare.

In deplasarea dela O la A_2 pendulul face un lucru mecanic care *absoarbe* energie, căci viteza descrește treptat până la A_2.

Deoarece lucrul mecanic sau energia nu se distrug, ar trebui ca lucrul mecanic dela O la A_2 să fie același ca dela A_1 la O adică tot Gh.

In acest caz A_1 și A_2 ar fi la același nivel. Dacă A_2 ar fi mai sus, ar însemna că lucrul mecanic se produce din nimic; dacă A_2 ar fi mai jos, ar însemna că lucrul mecanic se distruge, ceea ce iarăși nu se poate.

Totuși A_2 este mai jos, căci o parte din energia pendulului este absorbită de diferite frecări.

Continuând mișcarea, pendulul nu se mai ridică nici până în A_1 ci puțin mai jos și așa mai departe; până ce oscilațiile se sting.

La fel se întâmplă cu mișcarea apei în cele două vase comunicante, la fel cu coardele și diapazonul.

Depărtarea pendulului de axa OO se numește *amplitudine* ($A_1 B_1$ $A_2 B_2$); de asemenea depărtarea nivelului de apă în vasele I și II de poziția de echilibru (O_2A_2, etc.) este amplitudinea jocului de apă.

Un fenomen oscilatoriu este caracterizat prin frecvență și prin amplitudine.

Am văzut că mișcările oscilatorii mai sus studiate se sting după un timp.

Oscilațiile a căror amplitudine descrește cu timpul și se sting se numesc *amortizate.*

Dacă pendulului îi dăm din când în când câte un impuls, mișcarea oscilatorie nu se stinge.

Oscilațiile a căror amplitudine rămâne constantă se numesc întreținute.

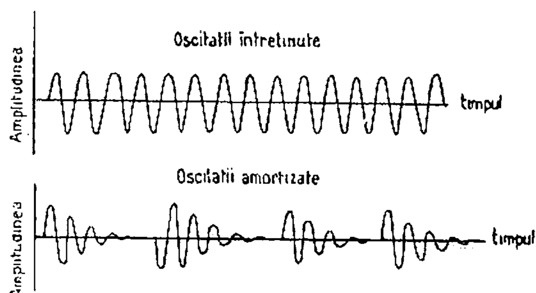


Fig. 294. — Oscilații întreținute și amortizare

Cunoașterea fenomenelor pe care le-am descris, ne vor înlesni înțelegerea unor fenomene electrice asemănătoare.

202. Un condensator se descarcă prin oscilații electrice. Un fenomen asemănător cu oscilațiile mecanice descrise mai sus se poate produce și în electricitate.

Să facem experiența următoare: luăm o bobină de autoinducție, cu rezistența ohmică foarte mică, și o legăm cu armatura unui condensator; cealaltă armatură la o sferă mică de metal; de asemenea capătul bobinei îl legăm la altă sferă mică de metal.

Aceste sfere depărtate cu câțiva mm le numim *eclator.*

La bornele condensatorului legăm înfășurarea de înaltă tensiune a unei bobine de inducție cu care știm că putem obține tensiuni înalte.

Bobina de inducție, funcționând, încarcă cu electricitate cele două armaturi ale condensatorului. La o încărcare anumită se produce între sferele eclatorului o scânteie.

Fenomenul se repetă apoi după câtva timp, după ce bobina de inducție a încărcat din nou condensatorul.

Aceasta este tot ce putem observa cu ochiul liber.

Observând fenomenul cu ajutorul unor oglinzi învârtitoare vom constata o serie de dungi alternative luminoase și întunecoase! Dungile luminoase scad treptat până dispar. Aceasta înseamnă că descărcarea electrică este și ea oscilatorie, iar nu continuă, numai într'un singur sens dela un pol la altul.

Dacă descărcarea ar fi un fenomen de simplă trecere a cu-

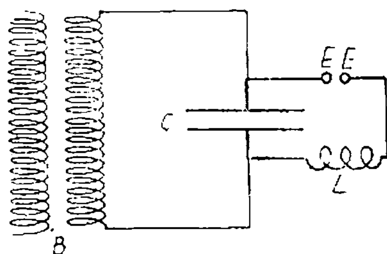


Fig. 295. — Circuit pentru descărcarea unui condensator

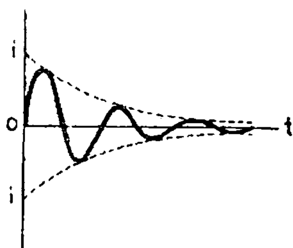


Fig. 296. — Cum variază curentul de descărcare al unui condensator

rentului o singură dată și în același sens, în oglinda învârtitoare s'ar constata o singură bandă luminoasă. In realitate se observă mai multe bande de lumină care alternează cu altele întunecoase.

Care este cauza? Curentul de descărcare circulă dela o sferă la alta a eclatorului, de mai multe ori, când într'un sens când într'altul, iar la fiecare schimbare de sens trece prin valoarea zero (ca în orice curent alternativ).

Când privim în oglinda învârtitoare, avem lumina cea mai puternică când curentul este maxim, iar când curentul trece prin zero, ea se stinge.

Un asemenea curent ajunge să aibă până la 100 000 schimbări pe secundă; întreaga descărcare durează foarte puțin: într'o miime de secundă curentul este aproape stins.

Dacă bobina de inducție încarcă de exemplu condensatorul de 50 ori pe secundă, vor fi într'o secundă 50 descărcări, care

vor dura însă numai o miime de secundă. Fenomenul este arătat grafic în fig. 297.

Circuitul oscilant de care ne-am folosit este *deschis,* dar poate fi și *închis.*

După cum se vede, am obținut niște curenți alternativi care nu se mai aseamănă cu cei cu care suntem obișnuiți, căci frecvența lor este foarte mare, iar intensitatea lor descrește cu timpul.

Curenții obținuți se numesc *curenți de înaltă frecvență.*

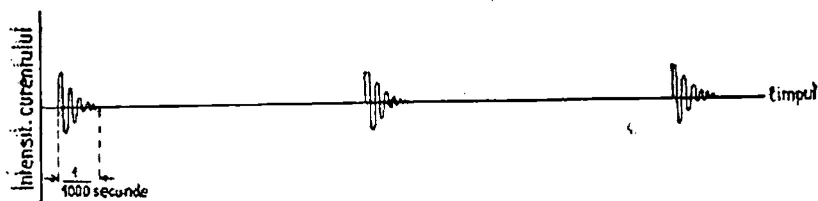


Fig. 297. — Descărcările unui condensator

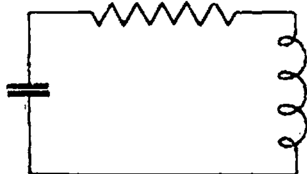


Fig. 298. — Circuit oscilant închis

Oscilațiile de felul celor de mai sus sunt *amortizate,* căci se sting după un anumit timp. Circuitul în care se produc oscilațiile electrice se numește *circuit oscilant.*

In acest caz curentul de încărcare a condensatorului îl vom produce prin inducție (ca la un transformator). Curentul deschis a permis producerea scânteilor ceea ce ne-a arătat mai lesne fenomenul oscilator.

Frecvența oscilațiilor se poate calcula din formula $f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ în care L este coeficientul de autoinducție socotit în henry, iar C este capacitatea socotită în farazi.

Cum se explică această descărcare oscilatorie? Foarte

simplu, dacă avem în minte mişcarea oscilatorie pe care am descris-o: mişcarea pendulului.

Curentul dat de bobina de inducţie circulă mai întâi într'un anumit sens până ce încarcă condensatorul (corespunde aducerii pendulului în A_1), pe urmă condensatorul se descarcă, ceea ce dă naştere unui curent în sens invers (pendulul se mişcă dela A_1 la O). Deşi condensatorul este complet descărcat (pendulul în O), curentul circulă mai departe, datorită inerţiei autoinducţiei.

Curentul astfel produs are de efect o nouă încărcare a condensatorului, dar cu polii inversaţi (pendulul în A_2). Urmează apoi iar o descărcare a condensatorului (pendulul se mişcă dela A_2 la O). Şi aşa mai departe.

Este deci un fenomen care are o mare asemănare cu mişcarea pendulului.

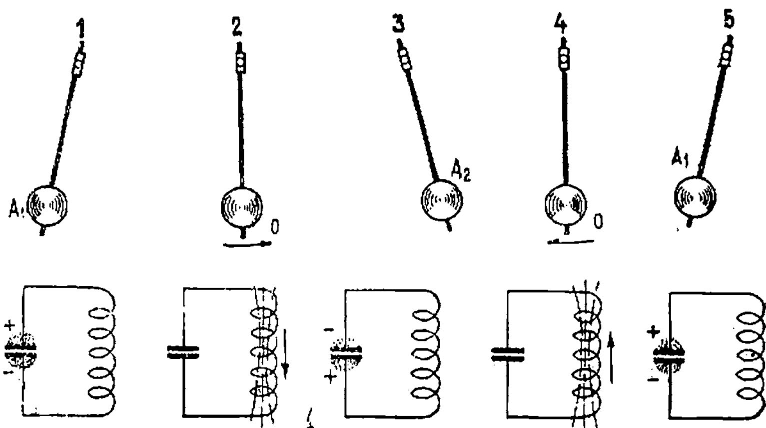


Fig. 299. — Oscilaţiile electrice se aseamănă cu ale pendulului

De ce se sting oscilaţiile electrice? Din cauza pierderilor Joule-Lenz în rezistenţa ohmică (după cum oscilaţiile pendulului se sting din cauza frecărilor).

Frecvenţa mişcărilor unui pendul este hotărîtă de lungimea şi greutatea lui, frecvenţa oscilaţiilor electrice este determinată de C şi L.

203. **Undele electromagnetice.** Oscilaţiile repezi ale unui corp în aer produc *unde*. Astfel o coardă întinsă făcută să vi-

breze (de exemplu cu ajutorul arcușului) va comprima aerul din vecinătate, apoi îl va lăsa să se destindă și așa mai departe.

Aceste comprimări și destinderi se transmit stratului de aer din apropiere și așa mai departe.

In felul acesta se transmite sunetul. Ne putem mai bine închipui acest fenomen, amintindu-ne de undele care se produc într'o apă stătătoare: când aruncăm o piatră apa face un joc în sus și în jos pe care-l numim undă și prin care turburarea produsă de piatră se transmite departe.

Dacă ne uităm mai atent vom vedea că apa nu se mișcă în direcția în care fug undele. Deci picăturile de apă joacă pe loc în sus și în jos executând o mișcare periodică *oscilatorie.*

Și pe un lan de grâu când bate vântul se văd unde care se transmit departe fără însă ca vreun fir de grâu să se miște din rădăcină.

Distanța între două vârfuri de undă alăturate se numește *lungime de undă,* iar numărul oscilațiilor într'o secundă reprezintă, după cum știm, frecvența f. Lungimea de unde se însemnă de obiceiu cu litera grecească λ (citește lambda).

La fiecare oscilație unda înaintează cu λ : deci un timp de o secundă va înainta cu $f\lambda$. Dar distanța parcursă de undă într'o secundă este viteza ei V. Deci:

$$V = f\lambda.$$

Să trecem acum la undele de aer care transmit sunetele: *undele sonore.*

Viteza lor este de 340 m/s; deci

$$340 = f\lambda$$

sau

$$\lambda = \frac{340}{f}.$$

Urechea noastră poate să perceapă unde a căror frecvență este cuprinsă între 16 și 16 000. Sunetele muzicale sunt cuprinse între 16 și 5000. Nota „la" are frecvența 440.

Undele a căror frecvență este sub 16 se numesc *infrasunete,* iar sunetele a căror frecvență este foarte mare se numesc *ultrasunete.*

Curentul alternativ care parcurge un circuit oscilant produ-

ce în vecinătatea lui un *câmp magnetic alternativ*, lucru pe care-l ştim dela studiul electromagnetismului; încărcarea electrică alternativă a armaturilor condensatorului produce şi ea un *câmp electric alternativ*.

Aceste două câmpuri sunt în legătură unul cu altul aşa fel că dacă unul se schimbă se schimbă şi celălalt.

Ele formează deci un tot care se numeşte *câmp electromagnetic*.

Un asemenea câmp îndată ce este produs începe să se răspândească (să se propage) pretutindeni cu o foarte mare viteză (300 000 km/s).

Dar şi câmpul electromagnetic care se propagă este tot un fenomen variabil ca şi sursa care l-a produs.

Deci câmpul va trece prin valoarea zero, va fi maxim, îşi va schimba sensul, trece din nou printr'un maxim, şi iarăşi prin zero. Totodată el se deplasează.

Deci şi câmpul electromagnetic se transmite la fel ca sunetul formând unde: *unde electromagnetice*.

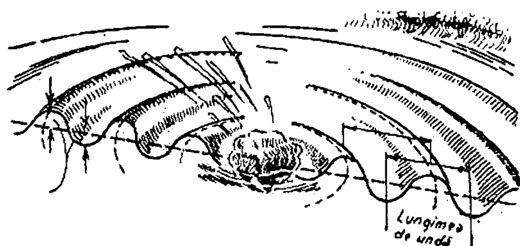


Fig. 300. — Producerea şi propagarea undelor electromagnetice se aseamănă cu a undelor apei

Vom avea şi aici relaţia:

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{300\,000\,000 \text{ m/s}}{f}$$

In felul acesta putem stabili lungimile de undă pentru fiecare fel de propagare. Dacă de exemplu $f = 100\,000$

$$\lambda = \frac{300\,000\,000}{100\,000} = 3000 \text{ m.}$$

Frecvențele se mai exprimă și prin *cicli* pe secundă, sau prin kilocicli (1 kc = 1000 cicli) pe secundă sau prin megacicli (1 Mc = 1 000 000 c).

Dacă vorbim în kilocicli formula de mai sus se poate scrie:

$$\lambda = \frac{300\ 000}{f}.$$

Undele folosite pentru radio au frecvențe care variază dela 10 kc până la 30 000 Mc ceea ce corespunde la lungimea de undă dela 30 000 m până la 1 cm.

Intre aceste limite sunt următoarele grupe:

	Frecvențe	Lungime de undă
Foarte joasă frecvență	10 — 30 kc	30 000 — 10 000 m
Joasă frecvență	30 — 300 kc	10 000 — 1000 m
Medie frecvență	300 — 3000 kc	1 000 — 100 m
Inaltă frecvență	3000 — 30 000 kc	100 — 10 m
Foarte înaltă frecvență	30 000 — 300 000 kc	10 — 1 m
Ultra înaltă frecvență	300 — 3000 kc	1 — 0,1 m
Supra înaltă frecvență	3000 — 30 000 kc	0,1— 0,001 m

Undele electromagnetice transmit energia electrică, dar în cantitate foarte mică.

Rezonanța electrică. Dacă pendulului în mișcarea lui i se dă câte o ușoară lovitură în sensul mișcării, oscilațiile lui se vor mări mult. Loviturile noastre produc acest efect numai dacă ele sunt date în ritm cu mișcarea.

Dacă din două diapazoane la fel (deci care dau sunete de aceeași frecvență) așezate în apropiere, facem pe unul să vibreze, celălalt, fără a-l atinge, va vibra și el.

Deci undele sonore venite dela primul, vor da impuls celui de al doilea diapazon, pentru a se pune în mișcare. Din cauză că al doilea diapazon are *aceeași frecvență proprie* cu primul, el vibrează chiar la impulsul foarte slab pe care-l primește prin undele sonore (adică la ușoarele presiuni și destinderi ale aerului, imprimate).

La început diapazonul se pune foarte încet în mișcare, apoi loviturile undelor sonore sosind la timp potrivit măresc oscilațiile. *Acesta este fenomenul de rezonanță mecanică. Deci un corp, care poate oscila, va intra în rezonanță când impulsurile pe care le primește au aceeași frecvență ca și frecvența proprie a acelui corp.*

Şi la oscilaţiile electrice de înaltă frecvenţă se produc fenomene de rezonanţă care au o foarte mare importanţă.

Frecvenţa proprie a unui circuit electric format dintr'o bobină de autoinducţie şi un condensator C este :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Dacă rezonatorul are frecvenţa proprie egală cu a undelor sonore care le primeşte, vom obţine în acest rezonator cele mai mari oscilaţii.

La transmiterile de unde electromagnetice impulsul lor este foarte slab ; deci are mare importanţă ca circuitul primitor să fie în rezonanţă sau cum se mai spune *acordat cu frecvenţa undei.*

Cunoştinţele pe care le-am căpătat până acum relativ la oscilaţiile şi undele de înaltă frecvenţă sunt foarte importante căci sunt la baza producerii, transmiterii şi primirii lor. Vom putea să trecem acum la aplicaţii practice.

204. **Elementele circuitelor de înaltă frecvenţă.** Principalele aparate folosite în circuitele de înaltă frecvenţă sunt rezistenţele, capacităţi şi bobine de autoinducţie.

Rezistenţele folosite sunt fixe şi variabile.

Rezistenţele fixe se fac dintr'un fir de metal înfăşurat pe un suport, sau dintr'un amestec de corpuri bune conducătoare şi izolatoare legate printr'o răşină sintetică sau dintr'un strat metalic subţire întins pe un izolator.

Condensatoarele pot fi şi ele fixe sau variabile.

Condensatoarele fixe au un dielectric diferit de aer. Ele sunt de obiceiu făcute din hârtie parafinată şi foi de staniol.

Condensatoarele variabile, sunt formate din mai multe plăci variabile, intercalate între altele fixe. Mişcând plăcile variabile se modifică şi capacitatea condensatorului.

De ce avem nevoie de condensatoare variabile? Pentru a acorda un circuit oscilant, adică a-l potrivi astfel ca frecvenţa lui proprie să corespundă cu frecvenţa undelor primite.

Când, după ce am deschis aparatul de radio învârtim butonul pentru a auzi unul din posturi, noi nu facem decât o acordare a circuitului pentru frecvenţa undei postului pe care-l căutăm.

Bobinele se construesc de diferite feluri; şi ele pot fi fixe şi variabile.

205. **Primele incercări de producere, transmitere şi recepţie de unde electromagnetice.** Aplicaţiile curenţilor de înaltă frecvenţă sunt numeroase.

Printre cele mai importante sunt radiocomunicaţiile, care cuprind: telegrafia fără fir, adică transmiterea de semnale Morse, radiodifuziunea, adică transmiterea muzicii şi a vorbirii, televiziunea, transmiterea de fotografii şi transmiterea de imagini mişcătoare.

Primele experienţe de acest fel au fost făcute în anul 1888 în felul următor:

Pentru producerea de oscilaţii electromagnetice a fost folosit un *oscilator* compus dintr'un condensator ale cărei armaturi sunt două sfere *A şi B*, continuate prin două vergele terminate cu câte o mică bulă între care ţâşnesc scânteile. Sferele condensatorului sunt legate la bornele unei bobine de inducţie.

Primirea oscilaţiilor electrice se făcea prin *rezonatori* adică circuite în care se produc prin inducţie curenţi oscilanţi la fel cu cei produşi de oscilator.

Primul rezonator folosit a fost un cerc gros de fir de cupru întrerupt. Distanţa de întrerupere putea să fie mărită sau micşorată cu ajutorul unui şurub.

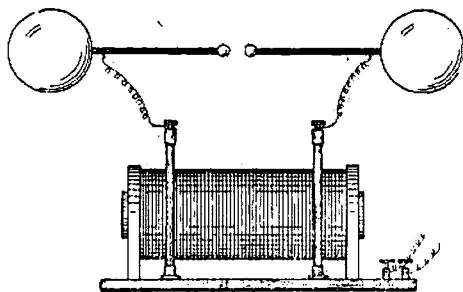


Fig. 301 a. — Oscilatorul

Primirea undelor electromagnetice şi producerea de curenţi oscilanţi în rezonator se dovedea prin apariţia unor scântei între vârful şurubului şi celălalt capăt al circuitului (distanţa care

se poate regla). Dar curenţii astfel obţinuţi erau foarte slabi; de asemenea şi scânteile. De aceea distanţa între oscilator şi rezonator nu putea trece de câţiva zeci de metri.

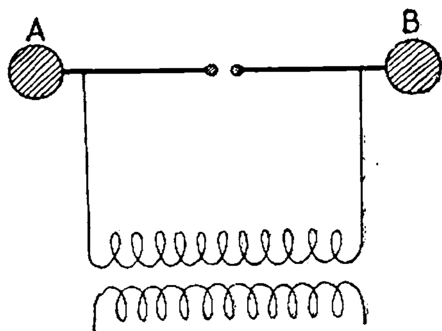


Fig. 301 b. — Schema oscilatorului

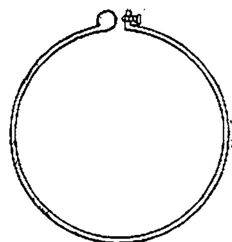


Fig. 302. — Rezonator

O îmbunătăţire a recepţionării oscilaţiilor electrice s'a obţinut legându-se cele două capete ale rezonatorului la un alt aparat numit *coheror*. El este format dintr'un tub de sticlă în care intră două vergele de metal care nu se ating. In spaţiul dintre ele se pune pilitură de cupru sau de argint. Coherorul se introduce în circuitul unei baterii şi sonerii. Curentul bateriei nu poate trece prin coheror din cauza rezistenţei mari. Când apar oscilaţii electrice în rezonator, descărcările electrice produc o alipire a firişoarelor; rezistenţa se micşorează şi soneria începe să sune. In felul acesta un grup de unde care ajungea la rezonator era anunţat de sonerie.

Dar coherorul trebue readus la starea lui iniţială după fiecare grup de unde, pentru ca să fie pregătit să primească alte tansmisiuni.

Altfel soneria va suna încontinuu şi nu vom putea afla că a venit alt grup de unde. Firişoarele deci trebue deslipite după trecerea fiecărui grup de unde, ceea ce se obţine ciocănindu-l uşor.

De vreme ce avem posibilitatea de a produce şi primi unde magnetice ne putem folosi de ele spre a transmite semnale.

In adevăr, dacă vom întrerupe curentul din oscilator, timp mai lung sau mai scurt, vom emite semnale lungi şi scurte, care

vor fi primite de rezonator. Aceste semnale le vom folosi ca şi punctele şi liniile din telegrafia fără fir, pe baza alfabetului Morse.

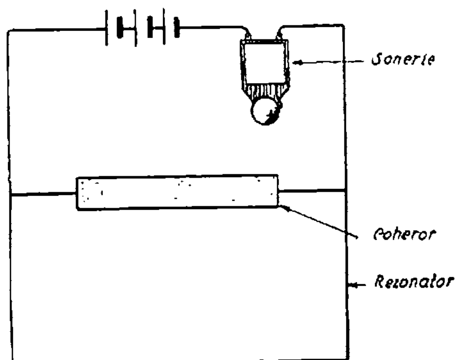


Fig. 303. — Coheror

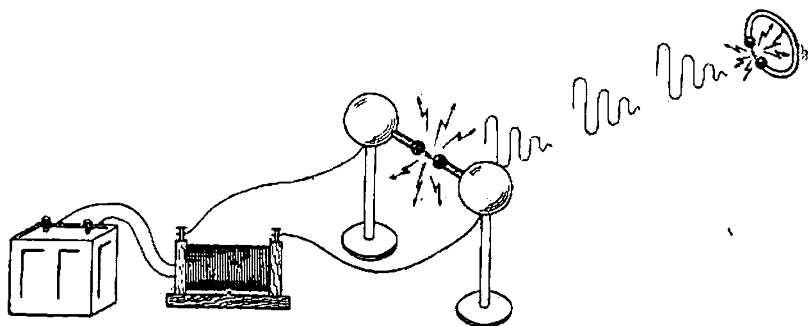


Fig. 304. — Transmisiunea şi recepţia de unde electromagnetice

Procedeul cel mai vechiu folosit pentru a produce oscilaţii electrice este descărcarea electrică despre care am vorbit, cu ajutorul unei bobine de inducţie.

O altă îmbunătăţire, pe lângă coheror, a fost introducerea *antenei,* care se compunea din următoarele: un conductor vertical legat de una din bulele eclatorului, pe când cealaltă se lega de pământ.

Când se produceau scântei între bulele eclatorului, apărea

un curent oscilator amortisat în circuitul antenă-pământ, care provoca emisia de unde electromagnetice.

Prin introducerea antenei, puterea de împrăştiere a oscilatorului s'a mărit foarte mult.

Mai târziu, s'au construit alternatoare de înaltă frecvenţă, putând produce curenţi variabili, până la 25 000 cicli pe secundă.

Dar amândouă mijloacele, bobina de inducţie şi alternatoarele, au fost aproape înlocuite prin lampa cu trei electrozi, care, pe lângă rolurile pe care le-am descris, mai poate fi şi *oscilator de înaltă frecvenţă.*

206. **Telegrafia fără fir.** Iată deci principiul de funcţionare al telegrafiei fără fir.

O instalaţie de telegrafie cuprinde: la emisie *un post emiţător,* care produce curenţi de înaltă frecvenţă şi o *antenă,* adică un

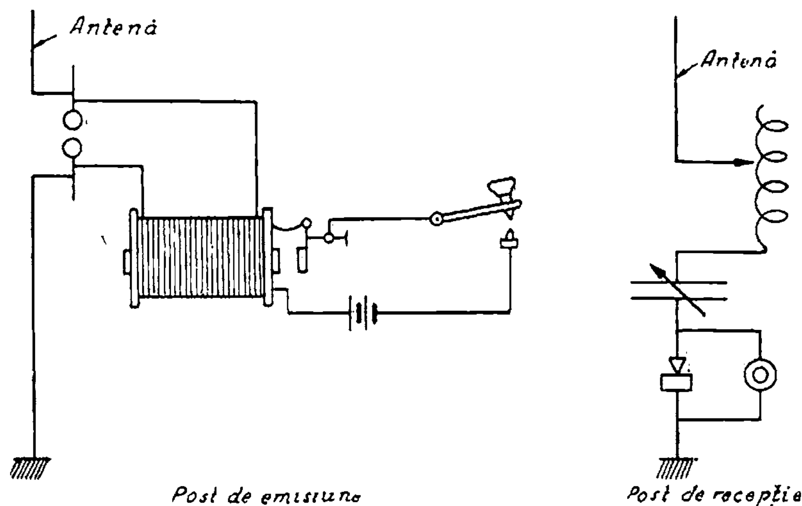


Fig. 305. — Posturi de telegrafie fără fir cu unde amortisate. Cuplaj direct

organ care răspândeşte în tot spaţiul unde electromagnetice, iar la primire o *antenă* şi *un post de recepţie,* care primeşte curenţii induşi de aceste unde.

Fig. 306 a şi 306 b arată două instalaţii de emisiune-

recepţie de felul celor care s'au executat la începutul telegrafiei.

Observăm că la recepţie se folosesc condensatoare şi bobine reglabile (notate prin săgeată).

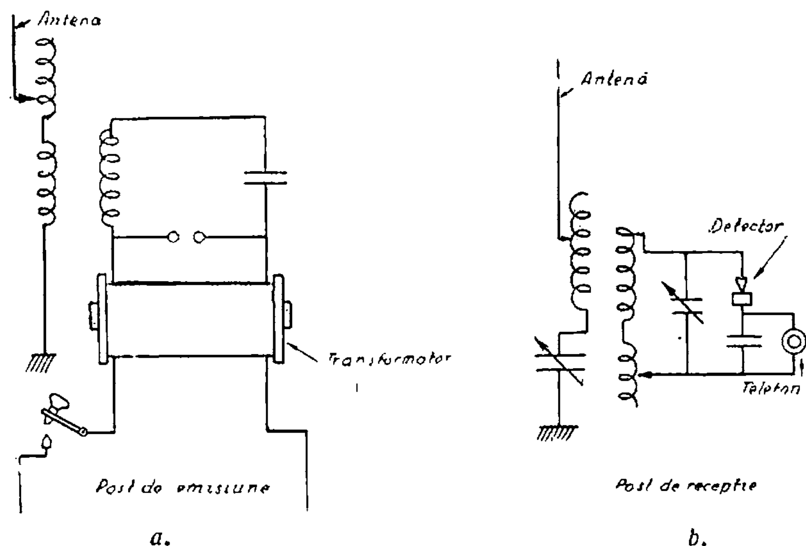


Fig. 306. — Posturi de telegrafie fără fir cu unde amortizare Cuplaj indirect.

Scopul este de a putea realiza acordul cu frecvenţa undei emise, adică de a obţine un circuit oscilant în rezonanţă cu cel de emisiune.

Această rezonanţă se produce când frecvenţa proprie a circuitului de recepţie $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ este egală cu a undei emise.

Ca să o putem realiza, modificăm capacitatea C şi autoinducţia I.

Am arătat că întrerupând curentul din oscilator un timp mai lung sau mai scurt vom emite semnale.

Modificarea curenţilor de emisiune astfel ca ei să poată produce semnale sau sunete, se numeşte modulaţie.

După cele ce am arătat mai sus, rezultă că modulaţia la telegrafia fără fir se face prin întreruperea curentului.

Curenţii de primire vor fi şi ei la fel întrerupţi. Ei pot fi

captați fie transformându-i în curenți de joasă frecvență și atunci semnalele pot fi auzite la un receptor telefonic, sau pot fi transformați în curent continuu și atunci semnalele pot fi primite pe banda unui aparat de recepție telegrafic.

Această transformare se numește *detecție* și despre ea vom vorbi la radiofonie.

La început, s'au folosit detectori cu cristale, formați dintr'un vârf ascuțit, metalic, sprijinit pe un cristal de galenă, adică de sulfură de carbon naturală. Observăm că cele două scheme din fig. 305, 306 sunt diferite și anume deosebirea este următoarea: în cea de a doua, emisiunea curenților în antenă și primirea curenților dela antenă se face prin inducție, deci *indirect*, pe când în prima se face *direct*.

Instalațiile directe au neajunsul că oscilațiile se sting repede din cauză că descărcarea prin eclatori în antenă prezintă mare rezistență.

O îmbunătățire foarte importantă a telegrafiei a fost introducerea de curenți alternativi *întreținuți*, adică care nu se sting după un anumit timp.

In felul acesta postul de emisiune și recepție a ajuns să fie comparat cu primarul și secundarul unui transformator, așezați la mare distanță unul de altul. Curenții de emisiune sunt întrerupți pentru durate mai lungi sau mai scurte, pentru a da semnale după codul Morse.

Unde amortisate aproape nu se mai folosesc. Astăzi se fac emisiuni cu unde întreținute, produse de alternatoare de înaltă frecvență, dar mai ales de posturi cu lămpi cu trei electrozi.

207. **Radio.** Instalațiile sunt asemănătoare cu acelea ale telegrafiei.

Și aici avem un post *emițător* și *posturi de recepție.*

Pentru emisiuni, problemele principale sunt *producerea oscilațiilor* și *modulația lor.*

Când am învățat despre telefon am constatat că microfonul este aparatul cu ajutorul căruia putem varia curenții și deci transmite vorbirea.

Și în radio trebue să variem curenții pentru a transmite sunetele. Aceasta este *modulația.*

Ea se obține prin variația intensității și mai rar prin variația frecvenței.

Fig. 307 arată cele trei feluri de modulații: *a* prin întrerupere (pe care am văzut-o folosită la telegrafia fără fir), *b*, prin variația amplitudinii, *c* prin variația frecvenței. La recepție problemele principale sunt ale *detecției* și *amplificării*.

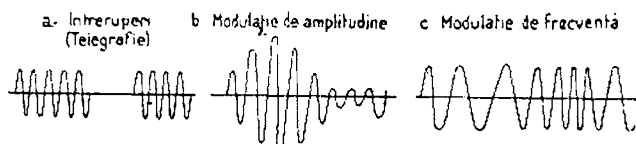


Fig. 307 a, b, c. — Diferite feluri de modulații

Dacă un curent de înaltă frecvență ar alimenta direct un receptor telefonic nu s'ar auzi nimic căci acest curent întâmpină o rezistență prea mare la trecerea prin bobinajul telefonului. Dar chiar dacă trece, membrana receptorului nu poate urmări vibrațiile foarte repezi ale curentului.

In sfârșit, chiar dacă membrana ar executa aceste mișcări nu am putea percepe sunete atât de repezi.

Prin urmare, nu putem introduce direct curenții de înaltă frecvență în receptorul telefonic al postului de recepție.

Ce putem face?

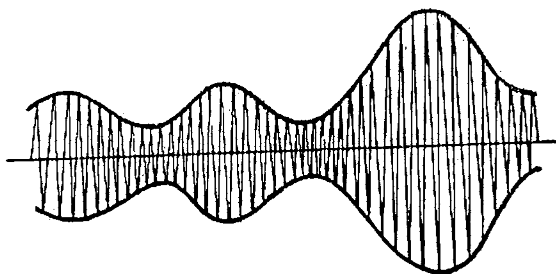


Fig. 308. — Undă modulată

Prin operația numită *detecție* lăsăm curentul să treacă numai într'o direcție.

La început s'au folosit detectoare cu cristale, formate

dintr'un vârf ascuțit metalic sprijinit pe un cristal de galenă, adică de sulfură de carbon naturală.

Iată o instalație de recepție cu detector. Oscilațiile electrice de joasă frecvență detectate trebue transformate în oscilații acustice.

In acest scop se întrebuințează telefonul sau difuzorul.

In locul telefonului se poate întrebuința un difuzor, care este tot un telefon, dar mai puternic și prevăzut cu o pâlnie.

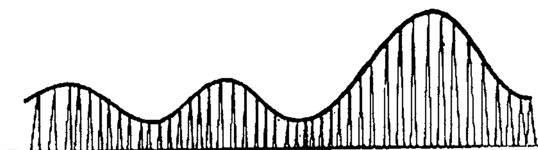


Fig. 309. — Undă detectată

Deși curentul trecut prin detector are totuși pulsații foarte repezi, membrana telefonului se va deplasa încet corespunzător curbei din fig. 309, adică curbei care arată tocmai modulația și deci produce sunetele.

In locul detectorului cu galenă se folosește astăzi un aparat mult mai sensibil : *lampa cu doi și cu trei electrozi.*

Curenții obținuți cu aceste instalații sunt foarte slabi. De aceea trebue măriți spre a putea fi mai bine prinși de un receptor telefonic.

Această amplificare se face tot cu lampa cu trei electrozi.

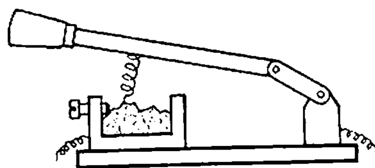


Fig. 310. — Detector cu galenă

Din cele mai sus arătate rezultă că lămpile cu electrozi au un rol foarte important în radiocomunicație. Astăzi se construesc lămpi și cu mai mult de 3 electrozi. Principiul lor de funcționare se bazează însă pe fenomenele descrise.

208. **Importanța transmisiunilor radiofonice.** Transmisiunile prin radio au învins distanțele. La început distanța de transmitere s'a măsurat în zeci și sute de metri, apoi kilometri și în sfârșit, în sute și mii de kilometri. Succesele radio-ului se explică prin faptul că radiocomunicațiile nu necesită firele de legătură.

Datorită acestei proprietăți legătura cu radio poate fi stabilită cu un vapor care plutește, cu un submarin, cu un avion în sbor, cu un automobil, cu un tren, cu un tanc, etc., care la rândul lor pot menține legătura cu radio-ul de oriunde.

Important mai este și faptul că legătura cu radio-ul se realizează aproape imediat.

Pentru Țara Sovietică legătura prin radio este deosebit de importantă deoarece ea se întinde pe 10 000 km dela Apus la Răsărit, și pe 5000 km dela Nord la Sud. Undele radiofonice reduc aceste distanțe, de aceea în U.R.S.S. posturile de radio sunt foarte puternice. Ele reprezintă o realizare minunată a Puterii Sovietice.

Radio-ul nu a apărut la întâmplare. Timp de mai multe secole omenirea a căutat mijlocul cel mai perfect de comunicație și numai în 1895 marele savant rus A. S. Popov a reușit să-l realizeze sub forma de radio-telegraf.

Inventatorul radio-ului, Alexandru Stepanovici Popov s'a născut în ziua de 16 Martie 1859 într'un orășel muncitoresc, Turinskie Rudniki în Uralul de Nord. El era un copil extrem de curios și îi plăcea mai ales tehnica. Când nu înțelegea ceva întreba pe inginerii unei fabrici de cupru din apropiere. Popov construia singur modele de tot felul de mecanisme. La școală el arăta mare interes pentru fizică și matematici. După școala din Delmetov trece la o școală din Permi și de aici pleacă la Petersburg la universitate, unde a făcut studii strălucite.

Părinții lui neavând mijloace suficiente, Popov a fost nevoit să dea lecții în case particulare. După terminarea studiilor el intră conferențiar la Școala de Ofițeri de Mine din Cronstad. Aici Popov a lucrat 18 ani în domeniul electricității, care l-a adus la descoperirea comunicațiilor prin unde electrice.

209. **Televiziunea.** Transmiterea imaginilor se face în mod asemănător cu a sunetelor.

La postul de emisiune se introduce un fotoelement, adică

un aparat care dă un curent electric cu intensitate variabilă, după cantitatea de lumină primită. In fața fotoelementului se rotește imaginea care trebue transmisă. Deoarece imaginea are colori diferite ea va transmite fotoelementului lumini diferite și deci se vor produce curenți variabili.

Aceștia sunt transmiși în mod asemănător ca în radio. La postul de recepție variația de curent va produce variația de lumină și reproducerea imaginii transmise.

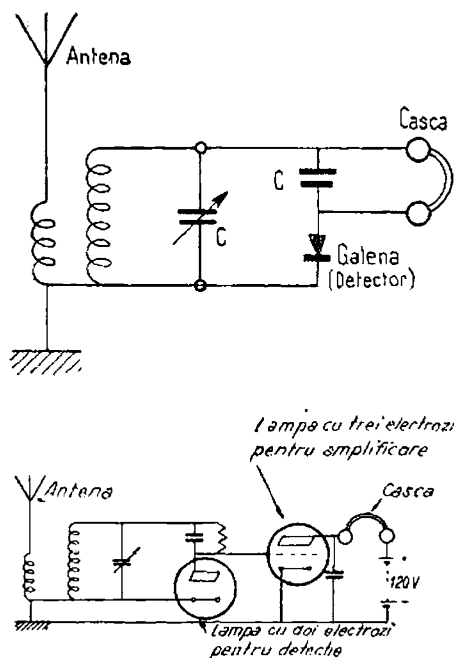


Fig. 311 a, b. — Scheme de aparate de radio

Intrebări recapitulative

1. Ce fenomene oscilatorii cunoașteți?
2. Explicați mișcarea alternativă a pendulului.
3. Idem a apei în două vase comunicante.
4. Ce se numește frecvență? Dar amplitudine?
5. Cum se descarcă un condensator?

6. Explicaţi oscilaţiile electrice într'un circuit de descărcare a unui condensator?

7. Prin ce se caracterizează aceste oscilaţii?

8. Ce sunt oscilaţiile amortisate? Dar cele întreţinute?

9. Ce sunt undele electromagnetice?

10. Explicaţi pentru comparaţie undele sonore.

11. Ce este lungimea de undă?

12. Ce legătură este între frecvenţa şi lungimea de undă?

13. Ce lungime au undele folosite în radiocomunicaţie?

14. Ce este rezonanţa electrică?

15. Comparaţi-o cu alte fenomene de rezonanţă pe care le cunoaşteţi.

16. Explicaţi principiul producerii, transmiterii şi recepţiei undelor electromagnetice.

17. Explicaţi telegrafia fără fir.

18. Ce este lampa cu doi electrozi? Dar cea cu trei electrozi?

19. Pe ce fenomene se bazează?

20. Care sunt utilizările acestor lămpi?

21. Ce este radio?

22. Ce este modulaţia? Ce este detecţia?

XXII. ACCIDENTE PROVOCATE DE ELECTRICITATE ȘI MIJLOACE DE PROTECȚIE

210. **Accidente asupra ființelor vii.** Corpul omenesc sau o parte a lui este străbătută de curent electric dacă vine în atingere cu conductori aflați sub tensiune.

In anumite condiții curentul electric trecând prin corpul omenesc produce efecte folositoare, care sunt aplicate de către medicină în tratamentul unor boli.

Curentul electric însă poate provoca și accidente și anume: arsuri, răniri, orbire, alte accidente și chiar moartea.

Să cercetăm cazurile în care se poate produce contactul cu conductori sub tensiune.

Instalațiile cele mai obișnuite sunt trifazate cu neutrul izolat sau legat la pământ.

In cazul neutrului legat la pământ dacă un om atinge o fază așa după cum se vede în fig. 312, el va fi supus tensiunii unei faze.

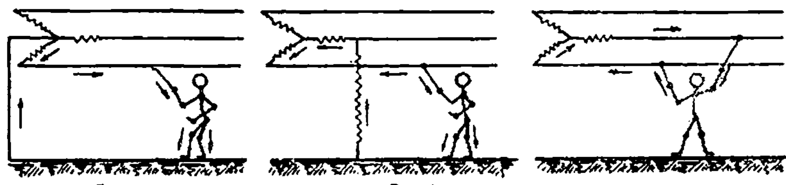


Fig. 312. — Drumul curenților prin corpul omenesc: *a)* în cazul unei instalații cu neutru la pământ, *b)* în cazul unei instalații cu neutrul izolat adică nelegat la pământ; *c)* în cazul atingerii a două faze

Dacă omul atinge un conductor al unei instalații trifazate al cărui neutru nu este legat la pământ el poate fi supus

tensiunii dintre două faze care este mai mare decât tensiunea unei faze, și anume este de 1,73 ori mai mare.

Observăm că în acest al doilea caz curentul se închide prin rezistența izolamentului fazei față de pământ: se știe că prin orice izolament trece un curent electric. Cu cât această izolație este mai mică, cu atât curentul de trecere va fi mai mare. In fig. 312 izolația a fost indicată printr'o rezistență. Vom recunoaște imediat că într'o instalație care n'are neutrul la pământ atingerea unei faze este foarte periculoasă dacă conductorii sunt defectuos izolați.

In sfârșit, un om mai poate să atingă ambele faze deodată; bine înțeles în acest caz el este supus la tensiunea dintre faze și curentul de astă dată depinde numai de tensiune și de rezistența electrică a corpului omenesc.

Deci, în acest caz, curentul va fi cel mai mare.

Ori de câte ori corpul este ud sau stă pe un corp ud, rezistența lui electrică se micșorează foarte mult și deci va fi străbătut de un curent mare.

Mulți cred că tensiunea de 110 V și chiar cea de 220 V nu este periculoasă și că deci putem să atingem fără grijă conductorii aflați sub aceste tensiuni.

Lucrul nu este adevărat; aceste tensiuni pot să producă curenți mortali în anumite condiții când corpul omenesc prezintă o mică rezistență electrică, cum ar fi când suntem cu picioarele ude sau asudați sau suferinzi de anumite boli interne.

Pot fi considerate ca nepericuloase în anumite condiții, numai tensiunile de 40 V; alteori tensiunea nepericuloasă poate fi numai 24 V; iar în cazul când se lucrează în contact cu piese mari de metal, cum ar fi de exemplu în interiorul cazanelor, tensiunea nepericuloasă este abia de 12 V.

Prin urmare, în asemenea cazuri de lucru se vor folosi lămpi și aparate electrice alimentate cu aceste tensiuni reduse întru cât numai atunci putem fi siguri că nu se vor produce accidente.

Accidentele prin electricitate. Le putem împărți în mai multe categorii, după gravitatea lor.

Curentul poate provoca numai o sguduire, o sperietură, leșin sau chiar un șoc nervos.

Un accident mai grav este atunci când curentul electric produce paralizia mușchilor, în acest caz accidentatul nu se mai poate desprinde de conductorul pe care l-a atins și trebue luate măsuri imediate pentru a-l degaja, căci altfel accidentul poate fi mai grav.

In sfârșit, curentul electric mai poate produce paralizia unei părți mai mult sau mai puțin întinse din corp, și chiar încetarea respirației.

Urmarea poate fi moartea, dacă încetarea respirației este de mai lungă durată.

Gravitatea accidentului, depinde, bine înțeles, de tensiunea atinsă, de rezistența pe care o prezintă corpul, dar mai depinde și de ce parte a corpului a venit în contact cu conductorii; atingerile cu capul sunt aproape totdeauna mortale.

211. **Măsuri de ajutor pentru electrocutați.** Accidentul cel mai des este arsura corpului în locul de atingere cu conductorul. Arsura este datorită rezistenței pielei la trecerea curentului electric.

Arsurile sunt de trei grade: arsurile de gradul I, sunt caracterizate prin înroșirea pielei și oarecare durere.

La arsurile de gradul II, apar bășici, iar la arsurile de gradul III se produce carbonizarea pielei și mușchilor.

La arsurile de gradul I se aplică un pansament din vată și tifon; dacă arsura doare trebue presărat bicarbonat de sodiu, sau aplicată o compresă cu apă de plumb sau cu acid boric.

Arsurile de gradul II și III trebue tratate de medic.

Am arătat mai sus că de multe ori cel electrocutat rămâne prins de conductori și de aceea primul ajutor de dat este desprinderea lui de instalația aflată sub tensiune. Dacă nu se poate întrerupe curentul instalației trebue să îndepărtăm pe accidentat cu mare precauțiune căci altfel suntem și noi în pericol să fim electrocutați.

De aceea să nu uităm următoarele reguli:

— Să nu ne folosim de obiecte de metal sau umede, ci numai de corpuri care pot să fie buni izolanți, nu baston, o funie uscată, etc.

— Dacă avem mănuși de cauciuc să le întrebuințăm sau în lipsa lor să înfășurăm mâinile cu o stofă uscată.

Să nu fim niciodată în atingere cu pământul sau cu corpuri ude.

Să nu apucăm îmbrăcămintea accidentatului dacă este udă.

— Să lucrăm numai cu mâna dreaptă.

— Să tăiem conducta atinsă cu un cleşte izolat sau dacă aceasta nu este posibil, cu un topor cu coada uscată, noi stând pe un postament uscat.

Am arătat că în unele cazuri accidentatul îşi pierde cunoştinţa, iar bătăile inimii şi respiraţia sunt atât de slabe încât ele nu pot să mai fie percepute. De aceea de multe ori accidentatul este socotit mort; el poate fi însă numai într'o stare de moarte aparentă (numai un medic poate hotărî aceasta). In acest caz, trebue să-l facem să respire cât se poate mai repede şi în acest scop, i se aplică o metodă de respiraţie artificială. Ea trebue să fie continuată până când accidentatul îşi revine sau până când apar semne sigure că el nu mai este în viaţă. Pentru respiraţia artificială se aplică două metode, care diferă după poziţia în care aşezăm electrocutatul.

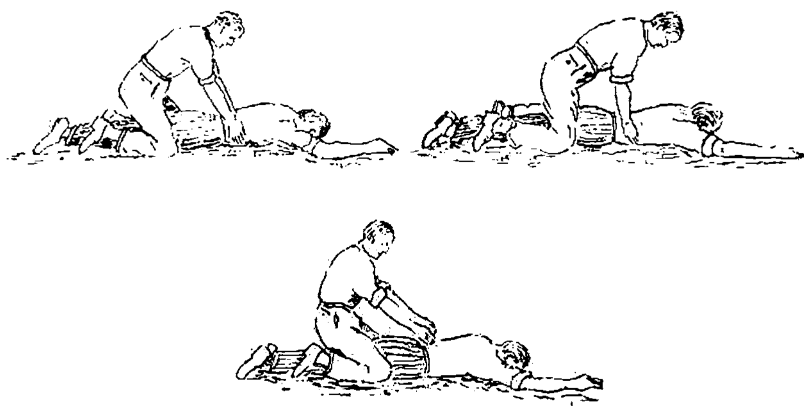


Fig. 313. — Respiraţie artificială, accidentatul fiind aşezat cu faţa în jos

Intr'una din metode, accidentatul este întins cu faţa în jos pe pardoseală. Braţele i se întind înainte, iar capul i se ridică puţin aşezând sub frunte un obiect.

Cel care dă ajutorul apasă cu palmele pe coastele inferioare

ale accidentatului, după care le ridică în sus. Intr'un minut trebue făcute 15 asemenea apăsări.

In a doua metodă, electrocutatul este așezat pe spate, iar sub omoplați i se pune un sul făcut din haine, persoana care dă ajutorul este așezată lângă capul accidentatului și procedează ridicând brațele acestuia sub cap și apoi aducându-le la loc, apăsând pe ambele părți ale corpului.

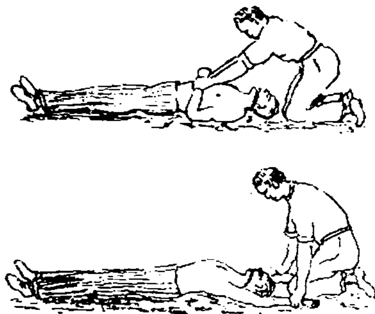


Fig. 314. — Respirație artificială, accidentatul fiind așezat cu fața în sus

Concomitent cu grija de a aplica cât mai repede o metodă de respirație trebue luate următoarele măsuri: asigurarea accesului aerului curat, să nu fie prea multe persoane în cameră, accidentatul să fie eliberat de hainele care-l strâng, să i se desfacă gura și să i se introducă între dinți o bucată de lemn înfășurată cu o batistă. Tot cu o batistă să i se tragă limba, căzută în fundul cavității bucale și să se trimeată după medic.

TABLA DE MATERII

Partea I

Bazele electricităţii

Partea II

Aplicaţiile electricităţii

ERATA

Pag.	In rândul	In loc de	Se va citi
36	7 de sus	formule cu	formule cu un U
36	18 „ „	este de 300	este de 300 Ω
48	2 de jos	f	t
52	8 de sus	T și W	t și T
73	figura 51 se rotește cu 180°		
85	4 de sus	W	P
125	fig. 94 c. se rotește cu 180°		
145	2 de jos	explicațiile	explicați-le
159	figura 124 se rotește cu 180°		
163	3 de sus	arc	ax
170	19 de sus	efectivă	eficace
172	4 de sus	dreapta	stânga
175	ultim de jos	120	120°
177	2 de jos	firul	punctul
186	15 de jos se șterge litera B.		
204	14 de jos	10	10^{-20}
214	1 de sus	se șterge cuvântul este	
223	4 de sus	mașini	masive
229	19 de sus	sincrone	asincrone
240	In legenda figurii 196 două bobine		patru bobine
248	17 de jos	se va șterge „la 4000 V"	
252	16 de jos	A și B	N și P
255	Intre rândurile 10 și 11 se va intercala titlul „Răspunsuri"		
256	rândul 1 de jos	200×100	$\frac{220 \times 100}{25,7}$
256	„ 9 „	$U = E - RI$	$U = E - RI_l$
257	2 și 3 de sus se scrie:	$U = E + R_i I_l$; $E = U - R_i I_l =$ $220 - 96,4 \times 0,05 = 220 - 4,82 = 215,18$ V	
257	4 și 5 „ „	$U = E + I_l (R_i + R_m)$; $E = U - I_l (R_i + R_m) =$ $220 - 5 (0,20 + 0,25) = 220 - 22,5 = 197,5$ V	
258	10 de jos	de	in
279	11 de sus	0,6	0,5
306	18 de sus	cu	în
332	fig. 260 a	—	Intrerupător rotativ închis
	fig. 260 b	—	„ „ deschis
348	1 de sus	Tracțiunea electrică s'a desvoltat în toate țările care au	energie se face cu un randament mai mare decât la locomotive,
373	ultimul rând	cu care sunt	care nu sunt
374	3 de jos	I	l
375	13 de sus	horiat	thoriat
276	15 de jos	se șterg cuvintele „moleculele și"	
378	5 de jos	„ „ „dar acest fel de a produce electroni se aplică la razele X și la redresoare.	
387	20 de sus	un	în
394	ultimul rând	306 a și 306 b	305 și 306
395	8 de jos	I	L